

**Beschluss
der Landesregierung****Deliberazione
della Giunta Provinciale**

Nr. 306
Sitzung vom 13/05/2025 Seduta del

ANWESEND SIND

Landeshauptmann
Landeshauptmannstellvertr.
Landeshauptmannstellvertr.
Landesräte

Generalsekretär

Arno Kompatscher
Rosmarie Pamer
Daniel Alfreider
Philipp Achammer
Magdalena Amhof
Christian Bianchi
Peter Brunner
Ulli Mair
Hubert Messner
Luis Walcher

Eros Magnago

SONO PRESENTI

Presidente
Vicepresidente
Vicepresidente
Assessori

Segretario Generale

Betreff:

Genehmigung der „Technische Richtlinien
für Straßenkörper, Fundamentschichten
und bituminöse Beläge (Version 2025)“

Oggetto:

Approvazione delle “Direttive tecniche per
corpo stradale, strati di fondazione e
pavimentazioni bituminose (Versione 2025)”

Vorschlag vorbereitet von
Abteilung / Amt Nr.

11.6

Proposta elaborata dalla
Ripartizione / Ufficio n.

DIE LANDESREGIERUNG

NACH EINSICHTNAHME in das G.v.D. vom 18. April 2016 Nr. 50 in geltender Fassung;

NACH EINSICHT in das M.D. vom 5. August 2024 Nr. 279 in geltender Fassung (Mindest-Umwelt-Kriterien-Straßen);

STELLT FEST, dass im Sinne des Rundschreibens des Umweltministeriums vom 15. Juli 2005 Nr. 5205 und um die Verwendung von Recyclingmaterial in Südtirol zu fördern, die Landesregierung mit Beschluss Nr. 1030 vom 27.09.2016 die „Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen“ und mit Beschluss Nr. 398 vom 11.04.2017 die „Richtlinien zu Qualität und Gebrauch von Recyclingbaustoffen“ erlassen hat;

NACH EINSICHT in das LG Nr. 16 vom 17.12.2015 – Bestimmungen über die öffentliche Auftragsvergabe, gemäß welchem die Landesregierung die „Besonderen Vergabebedingungen“ für die wichtigsten Kategorien von Bauwerken standardisiert;

VORAUSGESCHICKT, dass die Richtlinien „Funktionelle und geometrische Normen für die Planung, den Bau und die Instandhaltung von Mobilitätsinfrastrukturen unter Berücksichtigung der ökologischen Nachhaltigkeit in der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol“ mit Dekret des Landeshauptmannes am 14. Februar 2022 in Kraft getreten sind und dass sie als Referenz für die obgenannten Vergabebedingungen dienen;

STELLT FEST, dass das im Beschluss der Landesregierung Nr. 258 in der Sitzung vom 15.04.2025 genehmigte „Verzeichnis der Bezugsbauweisen zur Dimensionierung von Asphaltstraßen“ ebenfalls als Referenz für die obgenannten Vergabebedingungen dient;

LA GIUNTA PROVINCIALE

VISTO il Decreto Legislativo 18 aprile 2016 n. 50 in forma vigente;

VISTO il Decreto Ministeriale 5 agosto 2024 n. 279 in forma vigente (Criteri Ambientali Minimi Strade);

DATO ATTO che ai sensi della circolare del Ministero dell'Ambiente del 15 luglio 2005 n. 5205 e soprattutto per incentivare l'utilizzo di materiale di riciclo in Alto Adige, la Giunta Provinciale con delibera del 27.09.2016 n. 1030 ha emanato le “Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati”, ed in data 11.04.2017 con delibera n. 398 ha approvato le “Linee Guida sulla qualità e l'utilizzo dei materiali riciclati”;

VISTA la LP n. 16 del 17.12.2015 – Disposizioni sugli appalti pubblici, in base alla quale la Giunta Provinciale provvede a standardizzare i “Capitolati speciali d'appalto” per le categorie più importanti di opere;

PREMESSO che dal 14 febbraio 2022 è in vigore il Decreto del Presidente della Provincia sulle “Norme funzionali e geometriche per la progettazione, la costruzione e la manutenzione di infrastrutture per la mobilità nel rispetto della sostenibilità ambientale nella Provincia Autonoma di Bolzano” che costituiscono la base di riferimento per i sopraccitati capitolati speciali d'appalto;

DATO ATTO che il “Catalogo per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali”, approvato con deliberazione della giunta Provinciale nr. 258 nella seduta del 15.04.2025 costituisce altresì la base di riferimento per i sopraccitati capitolati speciali d'appalto;

NACH EINSICHT in den Beschluss der Landesregierung Nr. 416 vom 11.05.2021, mit welchem die von den Abteilungen Tiefbau, Hochbau und Technischer Dienst und Straßendienst, verfassten „Technischen Richtlinien für bituminöse Beläge, Straßenober- und Unterbau (Version 2021)“; genehmigt wurden;

NACH EINSICHT, in die „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) betreffend Straßenbauarbeiten – Oberbauschichten aus bituminösem Mischgut“ in geltender Form;

NACH EINSICHT in das von den Abteilungen Tiefbau, Hochbau und Technischer Dienst und Straßendienst verfasste „Handbuch zum Asphaltstraßenbau und für die Instandhaltung bituminöser Fahrbahnen“. in geltender Form;

NACH EINSICHT, in die von den Abteilungen 10 – Tiefbau, 11 - Hochbau und Technischer Dienst und 12 – Straßendienst verfassten „Technische Richtlinien für Straßenkörper, Fundamentschichten und bituminöse Beläge (Version 2025)“;

STELLT FEST, dass der technische Landesbeirat dazu das positive Gutachten Nr. 4 vom 09.04.2025 (Akt Nr.: 8-294) erteilt hat;

VISTA la deliberazione della giunta Provinciale Nr. 416 del 11.05.2021 in cui venivano approvate le “Direttive tecniche per pavimentazioni bituminose, fondazioni e sottofondi stradali (Versione 2021)” elaborate dalle Ripartizioni Infrastrutture, Edilizia e servizio tecnico e Servizio Strade;

VISTE le “Disposizioni Tecniche Contrattuali, (DTC), riguardanti le costruzioni stradali – sovrastrutture stradali in conglomerato bituminoso” in forma vigente;

VISTO il “Prontuario per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali”, elaborato dalle Ripartizioni Infrastrutture, Edilizia e servizio tecnico e Servizio Strade in forma vigente;

VISTE le “Direttive tecniche per corpo stradale, strati di fondazione e pavimentazioni bituminose (Versione 2025)” elaborate dalle Ripartizioni 10 - Infrastrutture, 11 - Edilizia e servizio tecnico e 12 - Servizio Strade;

DATO ATTO che il Comitato Tecnico Provinciale ha espresso in merito il parere positivo n. 4 del 09.04.2025 (pratica nr.: 8-294);

b e s c h l i e ß t

d e l i b e r a

einstimmig in gesetzlich vorgeschriebener Form:

1. den Beschluss der Landesregierung Nr. 416 vom 11.05.2021 zu widerrufen;
2. die beiliegenden „Technische Richtlinien für Straßenkörper, Fundamentschichten und bituminöse Beläge (Version 2025)“, welche wesentlichen Bestandteil dieses Beschlusses bilden, zu genehmigen;

a voti unanimi espressi nei modi di legge:

1. di revocare la deliberazione della giunta Provinciale Nr. 416 del 11.05.2021;
2. di approvare le allegate “Direttive tecniche per corpo stradale, strati di fondazione e pavimentazioni bituminose (Versione 2025)” che fanno parte integrante della presente deliberazione;

3. festzulegen, dass die „Technische Richtlinien für Straßenkörper, Fundamentschichten und bituminöse Beläge (Version 2025)“ über die „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV)“ betreffend Straßenbauarbeiten – Oberbauschichten aus bituminösem Mischgut überwiegen, da sie spezifischer sind;
4. diesen Beschluss gemäß Artikel 4, Abs. 1. Buchstabe d) des Regionalgesetzes vom 19.06.2009, Nr. 2 im Amtsblatt der Region zu veröffentlichen, da die entsprechende Maßnahme an die Allgemeinheit gerichtet ist.

DER LANDESHAUPTMANN

DER GENERALSEKRETÄR DER L. R.

3. di dare atto che le “Direttive tecniche per corpo stradale, strati di fondazione e pavimentazioni bituminose (Versione 2025)” prevalgono in quanto più dettagliate sulle “Disposizioni Tecniche Contrattuali (DTC) riguardanti le costruzioni stradali – sovrastrutture stradali in conglomerato bituminoso”;
4. di provvedere alla pubblicazione della presente delibera nel Bollettino Ufficiale della Regione, ai sensi dell’articolo 4, comma 1, lettera d) della legge regionale 19 giugno 2009, N. 2, in quanto trattasi di un atto destinato alla generalità dei cittadini.

IL PRESIDENTE DELLA PROVINCIA

IL SEGRETARIO GENERALE DELLA G.P.



**Technische Richtlinien für
Straßenkörper,
Fundamentschichten und
bituminöse Beläge**

2025

Projekt der Abteilungen 10, 11, 12

Arbeitsgruppe:

Maurizio Bocci, Mauro Caresia, Volkmar
Mair, Ulrich Obojes, Renza Espen,
Stephan Bauer, Veronica Cavada,
Davide Maniezzo, Roberto Giordani,
Klaus Kaneider

Kardaun, den 03.04.2025

**Direttive tecniche per corpo
stradale, strati di fondazione e
pavimentazioni bituminose**

2025

Progetto delle Ripartizioni 10, 11, 12

Gruppo di lavoro:

Maurizio Bocci, Mauro Caresia, Volkmar
Mair, Ulrich Obojes, Renza Espen,
Stephan Bauer, Veronica Cavada,
Davide Maniezzo, Roberto Giordani,
Klaus Kaneider

Cardano, li 03.04.2025

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE

**Technische Richtlinien für
Straßenkörper,
Fundamentschichten und
bituminöse Beläge**

**Direttive tecniche per
corpo stradale,
strati di fondazione e
pavimentazioni bituminose**

Kardaun, 3. April 2025

Cardano, 3° aprile 2025

DEUTSCH

Prämisse

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Straßenkörper und den Straßenoberbau einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 70% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Artikel 1 STRASSENKÖRPER

Abgesehen von den Straßenabschnitten mit Kunstbauten, wie Brücken und Tunnels, wird der Straßenkörper durch Erdbewegungen im Ein- oder Anschnitt oder als Damm erstellt.

Allgemein unterscheidet man bei den Erdbewegungen folgende Arbeitsgänge:

- die Rodung des Geländes (Schlagen der Bäume und Sträucher, Abräumen der Wurzelstöcke), Abtragen und Beseitigen des Oberbodens oder der Böden mit beträchtlichem Gehalt an organischen Stoffen;
- der Aushub für die Erstellung der Fahrbahn im Ein- oder Anschnitt, der Auflagerflächen für Aufschüttungen und Dammbauten und für die notwendigen Einrichtungen;
- der Aushub der Gräben für die Errichtung von Kunstbauten, der Aushub unter Wasser oder bei Wasserandrang, die Abbrucharbeiten, der Felsaushub;
- die Aufschüttung der Straßendämme und des Unterbaus, auf dem der Straßenoberbau aufliegt;
- die Hinterfüllungen oder Aufschüttungen im Allgemeinen;

Abgesehen von örtlich bedingten und begrenzten Sonderfällen, werden diese Arbeiten mit eigens ausgelegten Erdbewegungsmaschinen, Fördermitteln, sowie Einbau- und Verdichtungsgeräten ausgeführt. Zum Lösen von Fels und zum Zertrümmern von Bauteilen aus Stoffen mit erheblicher mechanischer Festigkeit sowie zur Zerkleinerung in für den Transport geeignete Bruchstücke beziehungsweise zur Herstellung von Stoffen zur Wiederverwendung des Abbruchs, kann der Einsatz von Sprengmitteln oder mechanischer Abbruchgeräte notwendig sein.

A) KLASSIFIZIERUNG DER ZUR ERSTELLUNG DES STRASSENKÖRPERS VERWENDETEN BÖDEN

A.1) NATÜRLICHES LOCKERGESTEIN

Natürliches Lockergestein kann durch Lösen von natürlichen Bodenformationen oder von Felsgestein in jenen Abschnitten, in denen die Ausbildung des Straßenkörpers im Einschnitt geplant ist, oder durch Gewinnung in Vorkommen außerhalb der Baustelle beschafft werden. Der Aushub kann zum Bau von Straßenkörpern als Aufschüttungen, zur Bodenverbesserung, für Auffüllungen usw. verwendet werden, oder er muss, wenn ein Überschuss vorhanden ist oder wenn minderwertiger Boden anfällt, in zugelassenen Deponien gelagert werden. Sollte es sich bei den verwendeten Böden nicht um Aushub handeln, sondern um aus Aufbereitungsanlagen angelieferte Stoffe, sind diese gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR der EU über Baustoffe und mit Leistungserklärung (DoP) zu qualifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Vor der Verwendung des Aushubs oder des angelieferten Bodens, muss der Auftragnehmer für jedes einzelne Vorkommen die Klassifizierung der Böden durch ein Untersuchungsprogramm und durch Laborversuche belegen.

Das zur Klassifizierung von Lockergestein verwendete Verfahren beruht auf der einheitlichen USCS-Klassifizierung von Lockergestein nach SN-Norm 670 008a und der DIN 18196.

Bei der Aufschüttung von Straßendämmen mit Aushub sind vorzugsweise Lockergesteine der Gruppen GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW und SP zu verwenden; in Ermangelung können Böden der Gruppen GC, SM, SW-SM, SP-SM, SW-SC und SP-SC verwendet werden.

Bei Böden der übrigen Gruppen ist zu überlegen, ob eine Verbesserung mit Kalk sinnvoll ist oder ob die Entsorgung auf einer Deponie vorzuziehen ist. Die Bauleitung kann eventuelle Vorschläge der Baufirma zur Bodenverbesserung mit Kalk annehmen, wenn diese durch eine spezifische Laborstudie belegt sind (Mix Design).

Bei von außerhalb der Baustelle befindlichen Vorkommen beschafften Böden, werden ausschließlich jene der Gruppen GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW und SP zugelassen.

Falls der Feuchtigkeitsgehalt des Aushubs so hoch ist, dass der Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit nach vorliegender, technischer Norm nicht erreicht werden können, hat der Auftragnehmer geeignete Maßnahmen zu treffen, um den natürlichen Wassergehalt zu korrigieren beziehungsweise je nach Sachverhalt, die Aufschüttung durch Bodenverbesserung zu stabilisieren.

Unabhängig von der Zugehörigkeitsgruppe dürfen die verwendeten Materialien, keine organischen und insbesondere pflanzliche Bestandteile sowie lösliche oder verwitterbare Stoffe enthalten. Böden mit einem Gehalt an organischen Stoffen pflanzlicher Art von weniger als 2% können für Aufschüttungen verwendet werden, sofern sie zumindest 2 m unter der Befestigung eingebaut werden.

Klassifizierung der Lockermaterialien

Das vereinheitlichte Klassifizierungssystem für Lockergestein USCS (Unified Soil Classification System) wird in der Norm SN 670 008a, ASTM D-2487 und der DIN 18196 beschrieben; es beruht auf der Einteilung nach folgenden Grundeigenschaften der Materialien:

- Korngrößenverteilung;
- Zustandsgrenzen;
- Gehalt an organischen Bestandteilen.

Die Korngrößenverteilung der Böden wird nach UNI CEN ISO/TS 17892-4 / UNI EN ISO 14688-1 bestimmt. Verwendet werden die Siebe der ISO-Sätze 3310-1 und ISO 3310-2. Zur Beschreibung der Kornstufen werden, die in Tabelle A.1 verwendeten Bezeichnungen verwendet.

Tabelle A.1				
Genereller Begriff	Hauptbegriff	Nebenbegriff	Korngröße	
			von (mm)	bis (mm)
Grobkörniger Boden	Blöcke (Bo)		200	630
	Steine (Co)		63	200
	Kies (Gr)		2	63
		grob	20	63
		mittel	6,3	20
		fein	2	6,3
	Sand (Sa)		0,063	2
		grob	0,63	2
		mittel	0,2	0,63
		fein	0,063	0,2
Feinkörniger Boden	Schluff (Si)		0,002	0,063
		grob	0,02	0,063
		mittel	0,0063	0,02
		fein	0,002	0,0063
	Ton / Lehm (Cl)		≤0,002	

Die Form der Sieblinie wird durch die zwei folgenden Kennzahlen bestimmt:

– Ungleichförmigkeitszahl:

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

– Krümmungsbeiwert:

$$C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

Die Zustands- oder Konsistenzgrenzen nach Atterberg werden nach UNI CEN ISO/TS 17892-12 bestimmt. Für die Beschreibung der feinkörnigen Böden werden die Bezeichnungen gemäß Plastizitätsdiagramm (Abbildung A.1) verwendet:

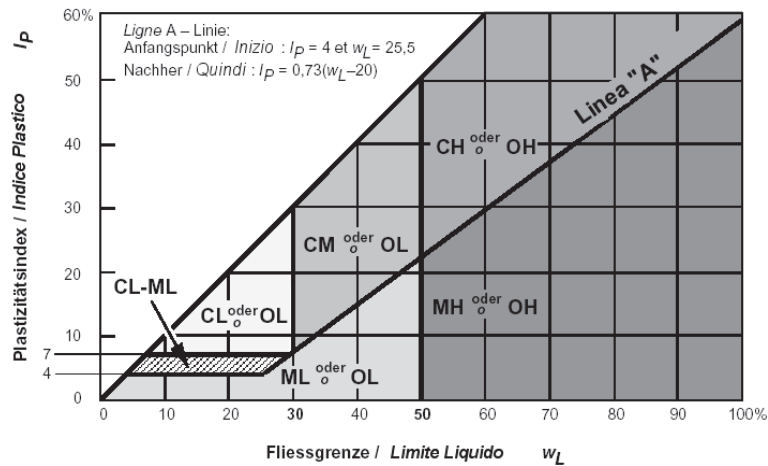


Abbildung A.1
Plastizitätsdiagramm

Organische Böden sind aufgrund der Farbe oder des Geruchs erkennbar. Für die vorliegende Klassifizierung wird ein Boden dann als organisch bezeichnet, wenn das Verhältnis zwischen der Fließgrenze des Stoffes, gemessen an einem im Ofen bei 105°C getrockneten Prüfkörper und der gemessenen Fließgrenze des im natürlichen Zustand belassenen Stoffes kleiner als 0,75 ist.

Grobkörnige Böden (Anteil mit $D=0,063 < 40\%$)

Als grobkörnig werden jene Böden bezeichnet, dessen Schluff-Ton-Gehalt ($P_{0,063}$) geringer als 40% ist. Sie werden in Kies und Sand je nach der vorwiegend enthaltenen Korngruppe unterteilt. Ferner gilt:

- wenn $P_{0,063}$ geringer als 5% ist, wird der Boden ausschließlich aufgrund der Form der Sieblinie klassifiziert;
- wenn $P_{0,063}$ größer als 12% ist, wird der Boden aufgrund der Eigenschaften des feinkörnigen Anteils klassifiziert (Plastizitätsdiagramm).
- wenn $P_{0,063}$ zwischen 5% und 12% liegt, wird der Boden sowohl aufgrund der Eigenschaften des feinkörnigen Anteils (Plastizitätsdiagramm) als auch aufgrund der Form der Sieblinie klassifiziert.

Die Klassifizierungsrichtlinien sind in der Tabelle A.2 zusammengefasst.

Feinkörnige Böden (Anteil mit $D=0,063 \geq 40\%$)

Feinkörnige Böden weisen einen Schluff-Ton-Gehalt ($P_{0,063}$) von mehr als 50% auf und werden aufgrund ihrer Lage im Plastizitätsdiagramm klassifiziert.

Tabelle A.2

USCS-Klassen	Anteil $P_{0,063}$	Kennwerte Sieblinie $C_U - C_C$	Plastizität	Klasse
Kies (Gr) und Anteil (%) Kies ($\Phi > 2$ mm) größer als Anteil (%) Sand ($0,06 < \Phi < 2$ mm)	< 5%	$C_U > 4$ und $1 \leq C_C \leq 3$		GW
		$C_U \leq 4$ oder $C_C < 1$ o $C_C > 3$		GP
	>12%		ML, MH	GM
			CL-ML	GM-GC
			CL, CM, CH	GC
	5% - 12%	$C_U > 4$ und $1 \leq C_C \leq 3$	ML, MH	GW-GM
			CL-ML, CL, CM, CH	GW-GC
		$C_U \leq 4$ oder $C_C < 1$ oder $C_C > 3$	ML, MH	GP-GM
			CL-ML, CL, CM, CH	GP-GC
Sand (Sa) und Anteil (%) Sand ($0,06 < \Phi < 2$ mm) größer als Anteil % Kies ($\Phi > 2$ mm)	< 5%	$C_U > 6$ und $1 \leq C_C \leq 4$		SW
		$C_U \leq 6$ oder $C_C < 1$ oder $C_C > 4$		SP
	>12%		ML, MH	SM
			CL-ML	SM-SC
			CL, CM, CH	SC
	5% - 12%	$C_U > 6$ und $1 \leq C_C \leq 3$	ML, MH	SW-SM
			CL-ML, CL, CM, CH	SW-SC
		$C_U \leq 6$ oder $C_C < 1$ oder $C_C > 3$	ML, MH	SP-SM
			CL-ML, CL, CM, CH	SP-SC
feinkörnige Böden Schluffe (Si) und Ton (Cl) Organische Böden (Or)		< 30 W_L	> 7 $4 \leq I_p \leq 7$ < 4	CL CL-ML ML
				OL
		$30 \leq W_L \leq 50$	über der A-Linie unter der A-Linie	CM ML
				OL
		> 50 W_L	über der A-Linie unter der A-Linie	CH MH
				OH

A.2) ANDERE STOFFE

Bei der Planung kann die Anwendung neuartiger Arbeitsverfahren oder nicht zu den natürlichen Böden gehörender Stoffe vorgesehen werden.

Der Auftragnehmer hat in solchen Fällen für die Einstufung und Eignungsprüfung der Stoffe die bei der Planung festgelegten, gegebenenfalls auf bestimmte, auch ausländische Normen bezogene Vorschriften, zu beachten.

Bei besonderen technischen Anforderungen kann der Auftragnehmer, im Rahmen der im Einzelfall gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die Verwendung von nicht ausdrücklich angeführten Stoffen vorschlagen.

Vor dem Gebrauch ist in letzterem Fall die Tauglichkeit der Stoffe für die vorgesehene Verwendung eingehend zu prüfen, bei Bedarf auch mittels Laborprüfungen; der Auftragnehmer hat für die Prüfungen und Untersuchungen zu sorgen und dafür aufzukommen.

B) ARBEITSVORBEREITUNG

1) Klassifizierung der Böden

Vor dem Arbeitsbeginn hat der Auftragnehmer dem Bauleiter ein ausführliches Arbeitsprogramm für die Erdbewegungen zur Genehmigung vorzuschlagen, sowie die am besten geeignete Ausführungsverfahren für die Arbeiten zu erkunden; das Ergebnis ist mit Labor- oder Feldversuchen zu belegen.

In der Regel sind besagte Untersuchungen wie folgt gegliedert:

- Geländeaufnahme und Kartierung zur Feststellung der Morphologie des Geländes; die Aufnahmen sollten örtlich mit für die Planung maßgeblichen Gegebenheiten, etwa Schnitten oder Profilen übereinstimmen (Grundplan);
- Ermittlung der Mächtigkeit des Oberbodens mit Schürfungen;
- Ermittlung der Art und des Zustands der sowohl auf der Baustelle als auch in sonstigen Vorkommen gewonnenen Böden, um deren Brauchbarkeit zu beurteilen; hierzu sind folgende Laborprüfungen aufschlussreich:
 - Korngrößenverteilung und Konsistenzgrenzen nach Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-4 oder DIN 18122-1) oder der Penetrationsversuch mit konischer Spitze (UNI CEN ISO/TS 17892-12), um eine Klassifizierung nach DIN 18196 zu erhalten;
 - Natürlicher Wassergehalt (UNI CEN ISO/TS 17892-1) und Konsistenzzahl (UNI CEN ISO/TS 14688-2);
 - Proctorkurve, standard oder modifiziert, mit Ermittlung der maximalen Trockendichte ($\gamma_{d\max}$) und des optimalen Wassergehalts für die Verdichtung w_{opt} nach UNI EN 13286-2; für Böden mit einem Rückstand am Sieb 25 mm größer 15% ist das Verfahren nach DIN 18127 (große Versuchsform) anzuwenden;
 - Vergleichende Korngrößenanalysen (UNI CEN ISO/TS 17892-4/ UNI EN 933-1.), vor und nach dem Verdichtungsversuch, beschränkt auf Böden, in denen brüchige oder instabile Bestandteile enthalten sein könnten;
 - Relative Tragfähigkeit als CBR-Wert, mit Versuchsverfahren, wo die Verwendung der Böden, die Sättigungsgefahr durch Wasserandrang (durch Sickerung und/oder kapillar) und der voraussichtliche Verdichtungsgrad berücksichtigt werden. Um den Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Verdichtungsgrad einerseits und der Tragfähigkeit der eingebauten Schichten andererseits zu beurteilen, kann der Bauleiter, je nach Ausführungsbedingungen, zur Überprüfung der Tragfähigkeit eine vollständige CBR-Untersuchung SN 670 320b unter Änderung der Verdichtungsenergie und des Wassergehalts nach DIN 18127 durchführen lassen.

Für Gesteine müssen außerdem bestimmt werden:

- die einfache Druckfestigkeit an kubischen oder zylindrischen Prüfkörpern (UNI EN 1926)
- die Rohdichte (UNI EN 1936);
- der Gewichtsverlust beim Los Angeles-Versuch (UNI EN 1097-2 / CNR 34).

Wenn aufgrund der Korngrößenzusammensetzung des Bodens keine Verdichtungs- oder CBR-Prüfungen im Labor durchführbar sind, kann die Eignungsprüfung zu einem späteren Zeitpunkt durch Messung des Verformungsmoduls E_{v2} und des Verhältnisses E_{v2}/E_{v1} nach DIN 18134 oder M_{E1} und des Verhältnisses M_{E2}/M_{E1} nach SN 670 317b, anhand von Feldmessungen im in der Folge angesprochenen Versuchsgelände, durchgeführt werden.

Aufgrund der Ergebnisse aus den oben angeführten Untersuchungen hat der Auftragnehmer dem Bauleiter folgende Unterlagen zur Genehmigung zu übermitteln:

- Ausführliches Programm der Felduntersuchungen im Versuchsgelände;
- Ausführliches Programm für die Erdbewegungen.



2) Versuchsgelände für die Eignungsprüfung von Lockergesteinen

Abgesehen von Arbeiten, bei denen der Umfang der Erdbewegungen vernachlässigbar ist (weniger als 30.000 m³), hat der Auftragnehmer eine angemessene Reihe von Feldprüfungen durchzuführen und dem Bauleiter das hierzu erforderliche Personal und Geräte an einem geeigneten Standort zur Verfügung zu stellen, um aufgrund der Ergebnisse der Vorprüfungen im Labor und bei Einsatz der tatsächlich verfügbaren Maschinen die Dicke der eingebauten Schichten und die Anzahl der Walzgänge zu bestimmen, mit denen die Einhaltung der vorgeschriebenen Anforderungen (Verdichtungsgrad und/oder Tragfähigkeit) gewährleistet werden kann.

Die Felduntersuchungen müssen jedes homogene Vorkommen von Böden/Materialien betreffen, die zum Bau des Straßenkörpers verwendet werden.

Auf Großbaustellen und immer dann, wenn zur Überwachung während der Arbeiten großflächige Feldprüfungen mit unmittelbar verwertbaren Ergebnissen, etwa zur Messung des dynamischen Verformungsmoduls mit dem Fallgewichtsgerät FWD bzw. LFWD (leicht) und Lastwagen mit Achslast 10 t, erforderlich sind, dienen die Voruntersuchungen an Probeaufschüttungen auch dazu, schlüssige Beziehungen zwischen den Prüfergebnissen und der Trockendichte γ_d und/oder dem Verformungsmodul Ev_1 und dem Verhältnis Ev_2/Ev_1 nach DIN 18127 festzulegen.

Die Kosten für die Felduntersuchungen sind bei der Kalkulation der Angebotspreise zu berücksichtigen, der Auftragnehmer hat somit kein Anrecht auf eine Zusatzvergütung. Als Standort für die Messungen kann ein Bereich des Straßenkörpers, auch in Korrespondenz mit einem Abschnitt einer Aufschüttung, gewählt werden; der Auftragnehmer hat in diesem Fall nach Durchführung der Messungen jene Arbeiten zu beseitigen, die nicht als Bestandteil des endgültigen Bauwerks belassen werden können.

Die Untersuchungen müssen vor Beginn der Aufschüttungen abgeschlossen sein, da sie als Bestätigung und als Bezug für die Arbeitsvorbereitung und die Verfahrensplanung heranzuziehen sind. Bei Anwendung auf unterschiedliche Stoffe, darf jeder Stoff erst dann verwendet werden, wenn die entsprechenden Prüfungen abgeschlossen sind. Die Prüfungen müssen bei Einsatz andersartiger Geräte oder Anwendung neuer Arbeitsverfahren neu durchgeführt werden.

Der Bauleiter wird die Ergebnisse in eigenen Niederschriften festhalten und auf dessen Grundlage endgültig über die Zulassung der vorgeschlagenen Geräte und Einbauverfahren entscheiden.

3) Vorkommen außerhalb der Baustelle

Für die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Vorkommen, werden die Bereiche aus denen das Schüttgut gewonnen werden muss, dem Auftragnehmer bei der Übergabe der Arbeiten oder bei einer eigenen Teilübergabe zur Verfügung gestellt, wenn diese Möglichkeit im Vertrag vorgesehen ist.

Wird das Fremdorkommen vom Auftragnehmer abweichend von den Vertragsunterlagen vorgeschlagen oder unter seiner Verantwortung gewählt, oder falls nach Vertrag die Auswahl dem Unternehmer überlassen ist, hat der Bauleiter die Verwendung des Schüttguts zu genehmigen. Der Auftragnehmer hat ein mit Laboranalysen zur Beurteilung der Eignung der Böden belegtes Gesuch einzureichen.

4) Deponien und Lagerhalden

Der ausgehobene Boden, der nicht für den Bau von Dämmen, für Auffüllungen und für Anschüttungen verwendet wird, muss als Abfall in den vertraglich festgelegten Deponien entsorgt werden oder in, zusätzlich oder abweichend vom Auftragnehmer im Einklang mit den geltenden Vorschriften vorgeschlagene und vom Bauleiter genehmigte Lagerstätten befördert werden.

Unter keinen Umständen dürfen durch die Bodenablagerung sowohl kurz- als auch langfristig der Zustand bestehender Bauwerke und angrenzender Liegenschaften beeinträchtigt, die Standfestigkeit des Geländes gestört und der Abfluss der Oberflächenwässer behindert werden.

Sind Bodenmassen in eine Deponie, in Zwischenlager, in vertraglich nicht vorgesehene oder nicht ausführlich beschriebene Standorte zu überführen, hat der Auftragnehmer folgende Unterlagen beizubringen:

- Nachweis der Standfestigkeit und der Umweltverträglichkeit der Lagerstätten, insbesondere mit Bezug auf die hydrologischen Verhältnisse an der Oberfläche und im Untergrund, und den Einwirkungen auf das Landschaftsbild;
- die Genehmigungen der zuständigen Behörden aufgrund der geltenden Normen und Vorschriften sowie die Genehmigungen der Eigentümer zur Grundstücksnutzung.

Grundsätzlich sind geeignete, aus dem Aushub gewonnene Böden unverzüglich und ohne Zwischenlagerung wieder zu verwenden.

Wenn eine Zwischenlagerung des Schüttguts für die nachträglichen Hinterfüllungen oder Aufschüttungen erfolgen muss, darf der Boden in Halden innerhalb oder außerhalb des Baubereichs gelagert werden, sofern daraus keinerlei Schäden, Störungen oder Behinderungen, auch für Dritte, zu erwarten sind.

Die Lagerhalden für den für die Gestaltung des Geländes und der Böschungen gelagerten Oberbodens sind besonders sorgfältig auszubilden und vor Wasseransammlungen zu schützen, um die Oxidation des Bodens selbst zu verhindern. Die üblicherweise mit einer Böschungsneigung von 3/2 profilierten Erdhaufen dürfen nicht höher als 3,00 m sein, insbesondere wenn die Lagerung mehr als 6 Monate dauert.

Bei der Ausbildung der Lagerhalden für den Oberboden hat der Auftragnehmer folgende Auflagen zu beachten:

- durch geeignete Verfahren und Geräte sind die Verdichtung des Bodens und Setzungen zu vermeiden;
- die Zwischenlager sind durch Mähen oder mit Bekämpfungsmitteln von Unkraut zu schützen, sofern der Bauleiter keine Einwände wegen der Gefahr von Umweltschäden erhebt.

Der Auftragnehmer muss für die vorübergehenden und die endgültigen Lagerstätten, bei Bedarf als Änderung oder Ergänzung der Projektunterlagen, den Standfestigkeits- und den Umweltverträglichkeitsnachweis für die Lagerhalden erbringen, analog wie für die Abbaustätten außerhalb der Baustelle.

5) Ausführliches Arbeitsprogramm

Im Rahmen der Vertragsvorgaben hat der Auftragnehmer ein ausführliches Arbeitsprogramm für die Erdarbeiten mit allen Nebenleistungen auszuarbeiten; folgende Angaben müssen enthalten sein:

- Herkunft aller zur Ausbildung der Bestandteile des Straßenkörpers verwendeten Böden, mit einer Massenbilanz, aus welcher die voraussichtliche Bodenumlagerung durch Abtrag und Auftrag mit Verdichtung hervorgeht;
- die für die vorgesehenen Arbeiten eingesetzten Mittel (Geräte, Arbeitskräfte, Führungskräfte und Ausstattung des Baustellenlabors, usw.), Dauer und Zeitpunkt der Einsätze;
- die mit Baustellenversuchen belegten Einbauverfahren für jede Bodenart, mit Bezug auf:
 - zulässige Schichtdicke in Abhängigkeit von den eingesetzten Verdichtungsgeräten;
 - Eignung der Baumaschinen, insbesondere der Verdichtungsgeräte, um die Sollleistungen zu erzielen;
 - Anzahl der Durchgänge und mittlere Fahrgeschwindigkeit der Verdichtungsgeräte.
- der zu erwartende natürliche Wassergehalt der verwendeten Böden zum Zeitpunkt des Einbaus; in Abhängigkeit davon sind im Arbeitsprogramm genaue Angaben zu Wasserbeigabe oder Wasserentzug, Verbesserung und/oder Stabilisierung zu machen;
- die bei den Vorarbeiten und den parallel zum Einbau durchgeführten Arbeiten angewendeten Verfahren: Wasserbeigabe oder -entzug, Zertrümmerung, Vermischung, Verbesserung, Stabilisierung, Verteilung;
- Planung und Vorbereitung der Hilfsbauwerke: Baustraßen, Anschlüsse an das öffentliche Verkehrsnetz, behelfsmäßige Lagerflächen;
- Varianten oder Änderungen zu den Entwurfsunterlagen, zum Einrichten, Betreiben und Wiederherstellen des Geländes für Abbaustätten, Lagerflächen, sowie Hilfsbauwerke zur Sicherung, Entwässerung und Schutz vor Wasserandrang der Gräben;
- die Vorgangsweise zur Wiederherstellung des ursprünglichen Geländes, durch Abdecken mit Erde und Begrünung als Schutz der Oberflächen gegen Erosion.

Jeder sich im Verlauf der Arbeiten als zweckmäßig erweisende Vorschlag zur Anpassung des ausführlichen Arbeitsprogramms ist dem Bauleiter zu belegen und vorzuschlagen und von diesem unverzüglich zu prüfen.

C) AUSFÜHRUNG DER ARBEITEN

C.1) AUSHUB- UND ABBRUCHARBEITEN

1) Allgemeine Vorschriften

In vorliegendem Absatz werden die Arbeiten für die Abräumung der Grundfläche des Straßenkörpers, den Abtrag des Oberbodens, die Ein- oder Anschnitte im Gelände, den Aushub nach Profil, mit oder ohne Wasserandrang, den Abbruch von Mauern und das Lösen von Felsgestein betrachtet.

Der für den Bau des Straßenkörpers erforderlichen Bodenabtrag (einschließlich der für die Ausbildung der Auflagerflächen für die Straßendämme, die Befestigung und den Straßenunterbau im Einschnitt nötigen Eingriffe), sowie die Gräben nach Profil für Rinnen, Mulden, Überquerungen, Rampen und ähnlichen Bauwerken, sind profil- und maßgerecht nach Vorgabe des Entwurfs und der schriftlichen Anweisungen des Bauleiters auszuführen.

Der Auftragnehmer hat bei der Profilierung der Gräben, der Böschungen und der Grabensohlen sowie bei der Ausbildung der Fahrbahnränder mit der erforderlichen Sorgfalt vorzugehen.

Der Auftragnehmer hat die Grabensohle genau auf der vorgeschriebenen Kote und die Grabenwände mit regelmäßigen Neigungen zu profilieren; bei der Ausführung der Arbeiten dürfen keine Nachbrüche oder Rutschungen auftreten; der Auftragnehmer haftet bis zur Abnahme für den Zustand der Bauwerke und hat für die notwendigen Nacharbeiten an den Böschungen und für die Reinigung der Gräben und Rinnen zu sorgen.

Vor der Ausbildung der Einschnitte und der Aufschüttungen hat der Auftragnehmer unverzüglich dafür zu sorgen, dass behelfsmäßige Abflüsse, Entwässerungskanäle und sonstige Einrichtungen errichtet werden, um den ungehinderten Abfluss der anfallenden Gewässer und die fachgerechte Wasserhaltung in den Gräben zu gewährleisten; er übernimmt auch den Aufwand für die vorschriftgemäße Wasseraufbereitung nach geltenden Bestimmungen.

Wenn aufgrund der Bodenbeschaffenheit oder aus anderen Gründen die Grabenwände verbaut oder gesichert werden müssen, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten alle nötigen Maßnahmen zu treffen, damit keine Rutschungen oder Bodenbewegungen erfolgen können; der Auftragnehmer haftet vollumfänglich für Schäden an Personen, Gütern, oder Bauwerken, welche in diesem Zusammenhang durch Unfähigkeit oder Nachlässigkeit entstehen.

Sollten die Grabenwände einbrechen, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten für die Beseitigung des Bodens vom Graben und die Wiederherstellung des Grabenprofils zu sorgen. Er hat kein Anrecht auf Vergütung für die möglicherweise verloren gegangenen für den Grabenverbau verwendeten Einrichtungen.

Wenn es nach Ansicht des Bauleiters die geotechnischen und statischen Bedingungen erfordern, hat der Auftragnehmer den Aushub und die Bauarbeiten in Abschnitten auszuführen.

Fallen die Gräben größer als erforderlich oder vorgeschrieben aus, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten mit einwandfreien Materialien und geeigneten Verfahren den geforderten Sollzustand herzustellen.

2) Säuberung des Geländes von Bewuchs

Als Vorbereitung für die Erdbewegungen hat der Auftragnehmer vorhandene Bäume und Sträucher zu schlagen und das Wurzelwerk zu roden.

Sofern keine anderslautenden Vereinbarungen getroffen werden, wird das abgeräumte Material Eigentum des Auftragnehmers und ist zu beseitigen; das Material muss in zugelassenen Verbrennungsanlagen oder Deponien vorschriftsmäßig entsorgt werden.

3) Abtrag des Oberbodens

Zu Beginn der Aushubarbeiten hat der Auftragnehmer den Oberboden nach Zeichnung oder in der, vom Bauleiter schriftlich vorgeschriebenen Dicke auf der Grundfläche des Straßenkörpers abzutragen. Entlang der Einschnitte oder Gräben ist der Oberboden vollständig abzutragen, damit der nachträglich ausgehobene und für die Aufschüttungen verwendete Boden nicht verunreinigt wird. Gleichfalls hat der Auftragnehmer darauf zu achten, dass der für die Begrünung des Geländes zu verwendende Oberboden nicht mit Gesteinskörnungen vermischt wird, indem die Aufschüttungen besonders bei abgestuften Auflagerflächen, wie in der Folge näher beschrieben, schichtweise in zeitlich verschobenen Arbeitsgängen eingebaut werden.

Der Auftragnehmer haftet für mangelnde Sorgfalt bei der Ausführung der besagten Arbeiten, wenn die Eigenschaften der zugelassenen Stoffe beeinträchtigt werden; er veranlasst bei Bedarf auf eigene Kosten die Beseitigung des verunreinigten und die Anlieferung des einwandfreien Bodens in ausreichender Menge.

Der nicht umgehend verwendete Oberboden ist in ein geeignetes Zwischenlager zu befördern und dort bis zur Wiederverwendung für den Auftrag, die Geländegestaltung und die Ausbildung der Grünflächen (Mittelstreifen, Bankette, Trennstreifen, Begrünung von Gruben und Deponien, usw.), zu verwahren.

Die Böden mit einem für die gestellten Anforderungen übermäßigen Gehalt an organischen Stoffen oder Verunreinigungen, sind unverzüglich als Abfall zu entsorgen, damit keinesfalls die für die Aufschüttungen verwendete Gesteinskörnungen verunreinigt werden können.

Der Oberboden muss abschnittsweise unmittelbar vor Beginn der Folgearbeiten gelöst und abgetragen werden, damit die freigelegten, tiefer liegenden Bodenschichten vor dem Niederschlagwasser geschützt bleiben; dies

gilt sowohl für Aufschüttungen (Aufweichung und Minderung der Bodentragfähigkeit) als auch für Einschnitte oder Gräben.

4) Bodenaushub für Ein- oder Anschnitte sowie Baugruben

Unter Bodenaushub für Ein- oder Anschnitte sowie Baugruben versteht man:

Ein- und Anschnitte für Verkehrsflächen und dazu gehörende Bauwerke, profilgerecht nach Zeichnung oder gemäß im Verlauf der Arbeiten vom Bauleiter erteilten Anweisungen;

Bodenabtrag zur Ausbildung der Auflagerfläche für den Oberbau und, bei Bedarf in Einschnitten, Säuberung und Nachprofilierung des Planums.

Verbesserung oder Stabilisierung der Auflagerfläche der Aufschüttungen, mit Ausbildung der Abtreppungen gemäß Zeichnung beziehungsweise grundsätzlich bei Geländeneigungen größer als 15%;

Profilgerechter Aushub von Baugruben bis zu der Gründungssohle für Bauwerke, Fundamentplatten, Packlagen und Sauberkeitsschichten;

Bodenabtrag für die Ausbildung von Rampen im Einschnitt und Rinnen;

Verbreiterung der Gräben, auch für die Auflager von Stützbauwerken, und Einschnitte in die Böschungen vorhandener Aufschüttungen zur Einverleibung von Nebenbauwerken des Straßenkörpers;

Ausbildung der Auflagerflächen von Kunstbauten (Brückenwiderlager, Schwellen, Stützmauern, usw.), im Bereich oberhalb der tiefsten Stelle des natürlichen Geländes oder der bereits ausgehobenen und zumindest zu einer Seite hin offenen Baugrube. Als natürliches Gelände gilt auch das Bett von Bächen und Flüssen.

Als Baugruben gelten außerdem die über Rampen für Baumaschinen und voll beladene Fördermittel leicht erreichbare und befahrbare breite Gräben.

Bei wasserempfindlichen Böden und in Bereichen, wo der Boden in annähernd waagrechten Schichten abgetragen wird, müssen die Arbeitsflächen entlang der gesamten Breite mit einer angemessenen Neigung nach außen profiliert werden (allgemein nicht weniger als 6%). Dies gilt so lange, bis das fertige Planum des Aushubs (Auflagerfläche für den Oberbau oder für die Sauberkeitsschichten) erreicht wird.

Das Planum ist profilgerecht und ohne Mulden mit den Neigungen gemäß Zeichnung herzustellen. Allgemein darf die Neigung nicht geringer als 4% sein, damit das Oberflächenwasser einwandfrei abfließen kann.

Das anstehende Planum ist nach Schichtende oder bei einsetzenden Niederschlägen zu verdichten.

5) Gräben nach Profil

Unter Gräben nach Profil versteht man das profilgerechte Ausheben von Boden mit üblicherweise steilen Grabenwänden für Bauwerke und Schächte, unterhalb der tiefsten Stelle der Baugrubensohle entlang dessen Umfang. Die Bezugstiefe ist in den Entwurfsunterlagen oder durch eine begründete Anweisung des Bauleiters für den gesamten Bereich oder für mehrere Teilbereiche, je nach Geländebeschaffenheit und veränderlicher Tiefe der Baugrubensohle, festzulegen.

Unabhängig von der Nutzung müssen die Gräben, mit begründeter schriftlicher Anweisung des Bauleiters, tiefer als vorgesehen ausgehoben werden, bis man einen Boden mit geeigneter Tragfähigkeit antrifft. Aus der Vergrößerung der Aushubtiefe kann der Auftragnehmer keinen Anspruch auf Zusatzvergütung erheben; der Aushub wird nach Aufmaß aufgrund des tatsächlich ausgehobenen Bodens und mit den nach Aushubtiefe gestaffelten vereinbarten Einheitspreisen vergütet.

Die Grabensohle muss eben oder mit Abtreppungen nach Zeichnung oder gemäß Anweisung des Bauleiters profiliert werden.

Durch geeignete Vorkehrungen hat der Auftragnehmer Wasseransammlungen auf der Grundfläche der Bauwerke oder Andrang von Oberflächenwasser in die Gräben zu vermeiden.

Wie bereits erwähnt, sind die Grabenwände üblicherweise steil abgebösch; der Auftragnehmer hat demnach die Grabenwände bei Bedarf zu sichern und zu verbauen und haftet für Schäden an Personen und Gütern, welche durch Rutschungen oder Bodenbewegungen im Grabenbereich entstehen sollten.

Sofern keine hinderlichen Umstände vorhanden sind, können die Grabenwände auch mit einer geringeren Neigung als in den Entwurfsunterlagen vorgesehen abgebösch werden; der Mehraushub und die zusätzliche Hinterfüllung wird aber nicht vergütet.

Der Auftragnehmer hat die Bauwerke bis zur vorgeschriebenen Kote mit geeignetem Boden zu hinterfüllen; der eingebaute Boden ist mit geeigneten Geräten zu verdichten, ohne dass die bereits fertiggestellten Bauwerke beschädigt werden.

Grundsätzlich gilt, dass bei der Durchführung aller Aushubarbeiten der Auftragnehmer aus eigener Initiative und auf eigene Kosten für die Ableitung des anfallenden Tagwassers zu sorgen hat und zu vermeiden hat, daß die offenen Gräben überschwemmt werden.

Der Auftragnehmer hat sämtliche Hindernisse, an denen das Tagwasser aufgestaut werden könnte, zu beseitigen und bei Bedarf Entwässerungsrinnen anzulegen.

6) Abbrucharbeiten

Die innerhalb der Grundfläche des Straßenkörpers befindlichen Mauerwerke und Bauwerke müssen vom Auftragnehmer mit den zweckmäßigsten Mitteln abgebrochen werden, auch mit Einsatz von Sprengmitteln im Rahmen der geltenden Bestimmungen. In Einschnitten sind die Bauwerke bis zu einer Tiefe von 1 m unter der Fahrbahnbefestigung und bei Aufschüttungen bis zur Oberkante des vorhandenen Geländes abzuberechnen.

Der Auftragnehmer hat den Beginn der Abbrucharbeiten an Gebäuden dem Bauleiter mit einer angemessenen Frist anzukündigen.

Der Abbruch wird nur dann als Abfall beseitigt, wenn dies aus den Entwurfsunterlagen hervorgeht oder wenn der Bauleiter seiner Verwendung nicht zustimmt. Sollten die Stoffe für die Wiederverwendung geeignet sein, können sie in die Verarbeitungsanlagen geliefert werden.

Der zur Wiederverwendung bestimmte Aushub muss unverzüglich zum Verwendungsort oder in Lagerflächen geliefert werden; in diesen muss das Schüttgut geschützt, bei Bedarf durch Beigabe von Fremdstoffen je nach Verwendungszweck verbessert, anschließend wieder aufgenommen und an den Einbauort befördert werden.

7) Abtrag von Fels

Für den Abtrag von Fels jeglicher Beschaffenheit, Festigkeit, Klüftung und Lagerung, und den Abbruch von Bauteilen kann der Auftragnehmer die ihm am zweckmäßigsten erscheinenden Verfahren anwenden, auch mit Einsatz von Sprengmitteln. In diesem Fall ist das Gefüge des Gesteins an den Grabenwänden möglichst zu schonen und ungestört zu belassen; sollten beim Lösen das Gestein zertrümmert, umgelagert oder sonst wie geschwächt werden, hat der Auftragnehmer, nach Absprache mit dem Bauleiter, auf eigene Kosten für die Säuberung oder Sicherung der Grabenwände zu sorgen.

Beim Einsatz von Sprengmitteln in der Nähe von Straßen, Eisenbahnlinien, bewohnten Gebieten und öffentlichen Anlagen jeglicher Art hat der Auftragnehmer mit besonderer Sorgfalt vorzugehen, damit Schäden an den angrenzenden Liegenschaften durch abbrechende Felstrümmer oder Erschütterungen, dessen Auswirkung mit geeigneten Kontrollsystemen zu überwachen sind, vermieden werden können.

8) Wiederverwendung des Aushubs

Der Auftragnehmer hat mit dem wiederzuverwendenden Aushub unter Berücksichtigung der vereinbarten und vom Bauleiter gemäß Arbeitsprogramm genehmigten Verwendung umzugehen.

Der Auftragnehmer hat den Boden mit geeigneten Mitteln und mit Arbeitskräften in ausreichender Anzahl in genau abgestimmten Arbeitsgängen zu lösen, zu fördern und einzubauen. Er kann nach eigenem Ermessen die Maschinen und Anlagen wählen, sofern ihr Einsatz für die einwandfreie Abwicklung der Arbeiten zweckmäßig ist.

C.2) AUFSCHÜTTUNGEN

Im vorliegenden Kapitel werden, neben der Aufschüttung von Straßendämmen mit der als Untergrund für die Decke dienenden Tragschicht, auch sonstige Arbeitsgänge betrachtet, die mit der Aufschüttung von Gesteinskörnungen zusammenhängen, wie etwa die Erstellung von Schutzdämmen, die Verfüllung von Gräben und die Verbesserung der Auflagerflächen für Straßendämme und Tragschichten in Einschnitten.

In getrennten Abschnitten werden nacheinander die Arbeitsverfahren für folgende Bauwerke untersucht:

- Untergrund oder Unterbau für Aufschüttungen;
- Antikapillarschichten;
- Aufschüttungen aus natürlichen Gesteinskörnungen;
- Verfüllungen;
- Erdbauwerke aus natürlichen Gesteinskörnungen;
- mit hydraulischen Bindemitteln verbesserten Schichten des Unter- oder des Oberbaus;
- Bauwerke aus bewehrter Erde;

- Erdbauwerke aus recycelten Gesteinskörnungen.

C.2.1) UNTERGRUND ODER UNTERBAU FÜR STRASSENDÄMME UND AUFSCHÜTTUNGEN

1) Beschaffenheit

Unmittelbar vor dem Einbau der Aufschüttungen hat der Auftragnehmer den Oberboden zu lösen und abzutragen; die Oberfläche des Unterbaus muss möglichst regelmäßig und ohne Mulden profiliert werden, damit anfallendes Regenwasser ungehindert abfließen kann. Beim Abtrag soll der belassene Boden so wenig wie möglich gelockert und gestört werden.

Wenn die Aufschüttungen auf einem um mehr als etwa 15% geneigten Untergrund erstellt werden müssen, ist dessen Oberfläche, nach dem Abtrag des Oberbodens und immer unter Gewährleistung der Hangstabilität, in leicht geneigten Abtreppungen zu gestalten; die genauen Anweisungen müssen im Arbeitsprogramm, auch abweichend von den Entwurfsunterlagen, aufscheinen. Damit die Abtreppungen regelmäßig im Verlauf und in der Höhe ausfallen, müssen sie in gleichbleibenden Abständen parallel zur Straßenachse angelegt werden; sie müssen je nach Maschineneinsatz und Arbeitsbedingungen möglichst schmal gehalten werden.

Hangvorsprünge, entlang denen eine Aufschüttung einzubauen ist, sind ebenfalls in waagrechten Abtreppungen anzuschneiden; der Abtrag beziehungsweise die Aufschüttung und Verdichtung müssen für jede nicht mehr als 50 cm hohe Abtreppung abschnittsweise und fortlaufend fertiggestellt werden.

Die Ausbildung der Geländestufen ist unmittelbar nach dem Abtrag des Oberbodens und vor Einbau des Schüttguts auszuführen, damit der freigelegte Untergrund nicht den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist.

Der Bauleiter hat die fachgerechte Vorbereitung des Untergrunds oder des Unterbaus festzustellen; im Rahmen der ihm erteilten Zuständigkeiten, kann der Bauleiter verlangen, dass setzungsempfindliche, lehmige oder torfhaltige Böden mit geringer Tragfähigkeit beseitigt werden oder dass, im Zuge der Arbeiten aus Nachlässigkeit oder ungenügender Organisation des Auftragnehmers gelockerte Bodenschichten, abgetragen werden.

2) Setzungsempfindliche Böden

Sind in den Auflageflächen der Dämme Setzungen von mehr als 15 cm zu erwarten, hat der Auftragnehmer ein ausführliches Kontrollprogramm zur Überwachung des zeitlichen Verlaufs der Setzungen im ausführlichen Arbeitsprogramm vorzuschlagen. Der Auftragnehmer hat für die Bereitstellung der erforderlichen Einrichtungen (mechanische Setzungspegel) und für die Messungen selbst nach Anweisung des Bauleiters zu sorgen.

Nach Fertigstellung der Aufschüttungen darf die noch zu erwartende Restsetzung nicht größer als 10% der geschätzten Gesamtsetzung und keinesfalls größer als 5 cm sein.

Nach Abklingen der Setzungen hat der Auftragnehmer durch Einbau der geeigneten Gesteinskörnungen das Planum und die Böschungen genau nach Zeichnung und Auftragsprofil herzustellen, ohne dafür eine zusätzliche Vergütung zu verlangen.

3) Tragfähigkeit

Sofern in den Projektunterlagen keine anderslautenden, auf Anforderungen der Standfestigkeit der Bodenbauwerke beruhende Vorschriften vorliegen, muss der, nach DIN 18134 auf dem natürlichen oder dem verbesserten Untergrund gemessene Verformungsmodul bei Wiederbelastung E_{v2} , folgende, für die fachgerechte Verdichtung der darüber liegenden Schichten erforderliche Mindestwerte nach Tabelle C.1 annehmen:

Tabelle C.1

ANFORDERUNGEN AN DIE TRAGFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES BEI AUFSCHÜTTUNGEN	
Position	
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe von mehr als 2,00 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 50 \text{ MPa}$
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe zwischen 1,00 und 2,00 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe zwischen 0,50 und 1,00 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$
Auflagerfläche für die Aufschüttung ist in einer Tiefe weniger als 0,50 m unter der Auflagerfläche der Straßendecke	$E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$

Die mit der Tragfähigkeit zusammenhängenden Eigenschaften der Unterlage für die Aufschüttungen müssen für den ungünstigsten Wassergehalt in Abhängigkeit von den langfristig zu erwartenden klimatischen und hydrogeologischen Bedingungen festgestellt werden; auszuführen ist zumindest eine Prüfung je 5000 m² Gelände, der Bauleiter wird eine größere Anzahl in Abhängigkeit vom Ausmaß des Bauwerks und der Homogenität des Bodens festlegen. Bei Böden mit „unstabilen“ Verhalten (plötzlicher Tragfähigkeitsverlust, quellend, frostempfindlich u. ä.) ist der Verformungsmodul im gesättigten Zustand zu prüfen.

4) Bodenaustausch und Bodenverbesserung

Wenn aufgrund der Bodenbeschaffenheit und der gegebenen Umstände die erforderliche Tragfähigkeit der Unterlage nicht durch Verdichtung erreicht werden kann, muss im ausführlichen Arbeitsprogramm ein Bodenaustausch mit einer angemessenen Schichtdicke aus zugeliefertem Schüttgut vorgesehen werden. Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt bei Bodenaustausch einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 70% vor. Alternativ kann auch eine angemessene Bodenverbesserung vorgenommen werden.

C.2.2) ANTIKAPILLARSCHICHTEN

Antikapillarschichten in Verkehrsflächen bestehen aus Gesteinskörnungen mit hoher Wasserdurchlässigkeit, die gegebenenfalls an der unteren Seite durch Geotextilien vor Verunreinigungen geschützt werden. An der oberen Seite ist die Verwendung von Geotextilien ausgeschlossen, aber es muss immer ein Verschluss mit 0/30 Granulat vorgesehen werden. Der Einsatz von recycelten Materialien ist nicht gestattet.

1) Schichten aus natürlichen Gesteinskörnungen

Die üblicherweise zwischen 30 und 50 cm dicken Antikapillarschichten aus natürlichen Gesteinskörnungen müssen aus körnigem Schüttgut (Kies, Feinschotter, Feinkies) der Korngruppe von 8 bis 50 mm, vorzugsweise 30 bis 70 mm, mit einem Durchgang am 2 mm-Sieb kleiner als 15% Gewichtsanteile und am 0,063 mm-Sieb kleiner als 3%, hergestellt werden. Je nach spezifischen Projektanforderungen können von der Bauleitung auch größere Gesteinskörnungen autorisiert und eingesetzt werden.

Im Schüttgut dürfen keinerlei instabile Bestandteile (frostempfindlich, weich, löslich, u. ä.) und organische Rückstände enthalten sein.

Vorbehaltlich sonstiger, strengerer Untersuchungen, ist grundsätzlich die Korngrößenverteilung in Antikapillarschichten an 1 Probenentnahme je 100 m³ eingebautes Schüttgut zu überwachen.

2) Geotextilien

Zur Verbesserung der Wirkung von Antikapillarschichten kann auf der Unterlage für die Aufschüttung eine Bahn aus Geotextilien eingebaut werden.

Geotextilien bestehen, sofern keine anderslautenden Vorschriften gelten, aus möglichst isotropen Vliesstoffen, dessen mechanisch durch Vernadelung zusammengelegten Fasern aus reinem, hochwertigem Polypropylen

oder Polyester bestehen; die Zugabe von Bindemitteln oder chemischen Zusätzen, thermische Verfahren durch Erweichen oder mit beheizten Walzen sind nur zur Oberflächenvergütung, nicht aber zur Verfestigung zugelassen. Bei den Geotextilien werden die Fasern der Art nach in Endlosfasern, mit theoretisch unendlich langen Fasern, und in Stapelfasern mit einer Länge von 20 bis 100 mm unterschieden.

Geotextilien müssen eine raue Oberfläche aufweisen, sowie unverrottbar, ungiftig und gegen UV-Strahlen (wenn sie mehr als 12 h lang dem Sonnenlicht ausgesetzt werden müssen), Säuren, im Boden vorkommende chemische Belastungen, Verhärtung und mikrobiologischen Befall widerstandsfähig sein; sie müssen ferner umweltverträglich und ohne bevorzugte Faserrichtung hergestellt sein.

Der Vliesstoff muss, bezogen auf den Verwendungszweck, in möglichst breiten Rollen angeliefert werden. Der Stoff mit dem, in den Entwurfsunterlagen angegebenen Gewicht, muss den Anforderungen nach Tabelle C.2 entsprechen:

Tabelle C.2			
<i>Kenngößen</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwert</i>
Gewicht	UNI EN ISO 9864	g/m ²	300
Dicke (einzelne Schicht) bei 2 kPa	UNI EN ISO 9863-1	mm	1,7
Zugfestigkeit längs	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Zugfestigkeit quer am 200 mm breiten Streifen	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Witterungsbeständigkeit (Abnahme der Bruchlast auf Zug)	UNI EN 12224	%	<50
Oxydationsbeständigkeit (Abnahme der Bruchlast auf Zug)	UNI EN 13438	%	<20
Bruchdehnung, in %	UNI EN ISO 10319	%	>80
Durchdrückwiderstand (Kegelfallversuch)	UNI EN 918	mm	<26
Durchdrückwiderstand (Stempeldurchdrückversuch), in N	UNI EN ISO 12236	N	>3000
Wasserleitvermögen in der Ebene (ohne Belastung)	UNI EN ISO 12958	l/s/m ²	>175
Wasserleitvermögen in der Ebene (Belastung 20 kPa)	UNI EN ISO 12958	l/m h	>31
Charakteristische Öffnungsweite der Poren O_{w90}	UNI EN ISO 12956	mm	0,10
Mikrobiologische Beständigkeit	UNI EN 12225		

Die Probekörper sind nach EN 963 für jede homogene Lieferung zu entnehmen. Der Auftragnehmer hat die Entnahme der Probekörper unter der Aufsicht des Bauleiters zu besorgen. Die Prüfungen müssen an auf der Baustelle vor der Verwendung gelagerten Stoffen und an im Zuge der Arbeiten entnommenen Probekörpern durch eine von der Landesverwaltung der Provinz Bozen-Südtirol genehmigte Prüfanstalt durchgeführt werden.

Falls auch nur einer der besagten Anforderungen nicht eingehalten wird, gilt die gesamte Lieferung als nicht angenommen; der Auftragnehmer hat sie unverzüglich von der Baustelle zu beseitigen.

Die Einbaufäche für den Vliesstoff muss absatzfrei und regelmäßig profiliert werden; die Vliesbahnen müssen an den Rändern sowohl längs als quer um mindestens 30 cm überlappt werden.

Die Vliesstoffe dürfen vor der vollständigen Abdeckung mit einer 30 cm dicken Lage des Schüttguts nicht mit Baumaschinen befahren werden.

C.2.3) AUFSCHÜTTUNGEN AUS NATÜRLICHEN GESTEINSKÖRNUngen

1) Einbau

Die Gesteinskörnung muss in Lagen mit gleichförmiger Dicke eingebaut werden; durch geeignete Verfahren und Geräte muss vermieden werden, dass eine Entmischung des Schüttguts oder Unstetigkeiten bei der Korngrößenverteilung und beim Wassergehalt auftreten können.

Um der durch Kippen des Schüttguts von den Fördermitteln entstehenden Entmischung zu begegnen, ist die Gesteinskörnung unmittelbar neben dem Verwendungsort zu kippen und durch Planiergeräte einzubauen.

Die Korngrößenverteilung der verschiedenen Schichten der Aufschüttung muss möglichst gleichförmig sein. Insbesondere muss vermieden werden, dass grobe, wenig abgestufte Gesteinskörnungen mit hohem Hohlraumgehalt, angrenzend an feinkörniges Schüttgut eingebaut werden, da durch die von den Fahrzeugen erzeugten Erschütterungen das Feinkorn der einen Schicht in die Hohlräume der anderen abwandern kann und Setzungen in der Aufschüttung hervorgerufen werden.

Während den Arbeiten muss der ungehinderte Abfluss des Tagwassers von den Aufschüttungen gewährleistet werden, indem die Oberflächen mit einer Neigung von zumindest 4% profiliert werden.

Im Bereich von Stützbauwerken aus bewehrter Erde oder sonstigen ist das Tagwasser grundsätzlich von den Bauwerken wegzuleiten.

Die einzelnen Schichten dürfen, über die darunter liegenden erst nach Überprüfung der fachgerechten Ausführung eingebaut werden, widrigenfalls kann der Abtrag verfügt werden.

Die Schichtdicke jeder einzelnen Lage wird festgelegt aufgrund der Materialeigenschaften, der verwendeten Maschinen und den Kompaktierungsverfahren der Aufschüttung, welche an Probenfeldern gemäß den Ausführungen in Punkt 2 (Verdichtung), getestet wurden.

Grundsätzlich soll die Schichtdicke nicht geringer als der doppelte Durchmesser des Größtkorns ($s \geq 2D_{\max}$) sein.

Auf keinen Fall darf das Schüttgut Bestandteile mit einem Durchmesser größer als 150 mm, oder 100 mm bis zu einer Tiefe von 1 m enthalten; übergroße Bestandteile sind an der Abbaustelle auszusondern oder zu zerkleinern, bevor sie auf die Fördermittel geladen werden.

2) Verdichtung

Im Rahmen der Projektvorgaben und der im Zuge der Arbeiten vom Bauleiter erteilten Anweisungen für die bestmögliche Nutzung der vorhandenen Gegebenheiten, hat der Auftragnehmer angemessene und für die Beschaffenheit der Gesteinskörnung geeignete Verdichtungsgeräte einzusetzen, mit welchen unter allen Umständen der Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit der fertigen Aufschüttungen den gestellten Anforderungen entsprechen.

Die Eignung der Verdichtungsgeräte muss im Versuchsgelände für jede voraussichtlich verwendete Gesteinskörnung überprüft werden. Ihre Leistungsfähigkeit muss mit jener der bei den sonstigen Arbeitsgängen, wie Abtrag, Förderung und Einbau, eingesetzten Mitteln abgestimmt werden und so gewählt werden, dass der im ausführlichen Arbeitsprogramm enthaltene Zeitplan eingehalten werden kann.

Wenn in Anbetracht des Gehalts und der Plastizität der Feinanteile der Wassergehalt des Schüttguts den optimalen Wert um 15-20% überschreitet, hat der Auftragnehmer geeignete Maßnahmen zu deren Senkung durch Förderung der Austrocknung zu treffen, damit die mechanische Stabilität des Gefüges und die Tragfähigkeit des fast gesättigten (Sättigungsgrad größer als 85–90% je nach Gehalt und Plastizität der Feinanteile) und mit hoher Energie verdichteten Schüttguts, nicht zusammenbrechen können. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen ist von einer Verwendung und vom Einbau solcher Böden unverzüglich abzusehen.

Die Art der Verdichtungsgeräte, deren Einstellwerte (Fahrgeschwindigkeit, Betriebsgewicht, Reifendruck, Rüttelfrequenz u. ä.), die Schichtdicken und die Anzahl der Walzgänge müssen den bei den Feldversuchen festgelegten Bedingungen entsprechen. Der Auftragnehmer haftet jedenfalls für die Zweckmäßigkeit des Arbeitsverfahrens und für die Einhaltung der gestellten Anforderungen.

Falls der Wassergehalt nicht verändert werden muss, ist die Schicht unverzüglich nach dem Einbau des Schüttguts zu verdichten.

Das gewählte Verfahren muss eine gleichmäßige Verdichtung innerhalb der Schicht gewährleisten.

Damit das Erdbauwerk überall, auch entlang der Ränder, gleichmäßig verdichtet wird, sind die Böschungen nach Abschluss der Arbeiten durch Abtrag des das Dammprofil überstehenden Schüttguts nachzuprofilieren. Der Straßendamm ist beidseitig mit einer Mehrbreite von 0,50 m aufzuschütten und zu verdichten; der Bodenabtrag für die Nachprofilierung der Böschungen wird nicht vergütet.

Sofern keine anderslautenden Vorschriften vorliegen, müssen die Anforderungen nach Kapitel E.5 "Überwachung" eingehalten werden; der Umstand ist durch Dichte- und Tragfähigkeitsprüfungen zu belegen. Bei der Erstellung von Straßendämmen müssen eigene Arbeitsgruppen eingesetzt werden, welche laufend die durch den Baustellenverkehr und die Witterungseinflüsse hervorgerufenen Schäden zu beheben haben.

3) Schutz und Stabilisierung

Die Böschungen müssen gezielt durch den auf den Arbeitsfortschritt abgestimmten Einbau einer etwa 30 cm dicken Oberbodenschicht gesichert werden; die Schutzschicht ist in waagrechten Streifen laufend einzubauen und nach Bedarf zu verdichten. Zur Stabilisierung wird die Geländeoberfläche abgestuft, sofern die Deckschicht nicht gleichzeitig mit dem Dammbauwerk eingebaut wird. Die Erde für die Deckschicht, die Bewuchsarten und der Zeitpunkt der Bepflanzung und der Aussaat müssen in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und den örtlichen Verhältnissen so gewählt und aufeinander abgestimmt werden, dass die Begrünung mit Gras und Sträuchern nach Vorgabe des Projekts rasch und ungestört stattfinden kann.

Die Aussaat ist so lange zu wiederholen, bis sich eine dichte und gleichmäßige Grasdecke ausgebildet hat.

Werden Erosionserscheinungen festgestellt, hat der Unternehmer auf eigene Kosten die Instandsetzung der Erdbauwerke durchzuführen.

Müssen die Arbeiten an den Aufschüttungen während eines Zeitraums von einigen Tagen unterbrochen werden, hat der Unternehmer die Aufschüttung vom anfallenden Tagwasser zu schützen. Die fachgerecht profilierten und verdichteten Oberflächen müssen geschlossen sein und ein durchgehendes Gefälle von zumindest 6% aufweisen.

Sollten in den Aufschüttungen ungleichmäßige, auf Ausführungsmängel zurückzuführende Setzungen auftreten, hat der Unternehmer auf eigene Kosten die Oberfläche nachzuprofilieren und bei Bedarf den Oberbau zu erneuern.

Nach längeren Arbeitsunterbrechungen ist der bereits fertiggestellte Bereich der Aufschüttung von Unkraut und Bewuchs zu säubern; die Oberfläche ist zur besseren Verbindung mit den darüber liegenden Schichten vor dessen Einbau durch Anlegen von Furchen aufzurauen; in solchen Fällen ist es angebracht die Verdichtung und die Tragfähigkeit des Bodens nachzuprüfen.

C.2.4) ERDBAUWERKE AUS REZYKLIERTEN GESTEINSKÖRNUNGEN

Für die Errichtung von Erdbauwerken können, neben dem Bodenaushub, zur Erreichung des im Ministerialdekret vom 05.08.2024 (CAM-Straßen) geforderten Anteils von 70 % an wiederverwertetem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, auch recycelte Materialien aus Abbrucharbeiten oder Rückstände aus industriellen Verarbeitungsprozessen, unter Beachtung der geltenden nationalen Bestimmungen, verwendet werden.

Die bei *Bau- oder Abbrucharbeiten gewonnenen* Stoffe bestehen vorwiegend aus Ziegel, Mauerwerk, Bruchstücken aus unbewehrtem oder bewehrtem Beton, Verkleidungen, Keramikerzeugnissen, Rückständen aus der Herstellung von Beton- oder Stahlbetonfertigteilen, bei Straßen- oder Eisenbahnbau anfallendem Aufbruch oder Abbruch, Abbruch von Verputz und Bettungen, Rückständen aus Steinbrüchen oder aus Steinmetzbetrieben.

Die *Rückstände von industriellen Verarbeitungsprozessen* bestehen vorwiegend aus ausschließlich neuen Schlacken oder Hochofenschlacke, welche jedenfalls nicht länger als ein Jahr gelagert wurden. Rezyklierte Stoffe dürfen untereinander oder mit natürlichen Gesteinskörnungen vermischt werden; die durch die Wiederverwendung im Straßenbau erzielten wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile liegen auf der Hand.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Die rezyklierten Gesteinskörnungen können zur Errichtung von Aufschüttungen auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle C.3 erfüllen.

Tabelle C.3

UNGEBUNDENE MISCHUNGEN VON NATURMATERIAL UND/ODER REZYKLIERTEM MISCHGRANULAT							
		Anwendung					
		Auffüllung/ Umlagerung		Damm/Auf- schüttung		Unterbau	
Kenngrößen	Norm	Anforder- ung	Proben Frequenz	Anforder- ung	Proben Frequenz	Anforder- ung	Proben Frequenz
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/125 mm	20.000 m ³	0/125 mm	5000 m ³	0/31,5 mm	2000 m ³
Überkorn	UNI EN 933-1	OC ₇₅	20.000 m ³	OC ₈₅	5000 m ³	OC ₇₅	2000 m ³
Feinanteilgehalt	UNI EN 933-1	-		UF ₁₅	5000 m ³	UF ₁₅	2000 m ³
Korngrößenzusammensetzung	UNI EN 933-1	G _N	20.000 m ³	G _N	5000 m ³	G _U	2000 m ³
Plattigkeitskennzahl von groben Aggregaten	UNI EN 933-3	-		FI ₅₀	50.000 m ³	FI ₃₅	2000 m ³
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	-		MB ₅	5000 m ³	MB ₅	2000 m ³
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	-		SE ₃₅	5000 m ³	SE ₃₅	2000 m ³
Fließgrenze (Atterberg'sche Grenze)	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-		WL ≤ 40	5000 m ³	WL ≤ 40	2000 m ³
Plastizitätszahl	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-		IP ≤ 10	5000 m ³	IP ≤ 6	2000 m ³
Widerstand gegen Zertrümmerung	CNR 34	-		LA ₃₅	50.000 m ³	LA ₃₀	20.000 m ³
Eluatuntersuchung (Löslichkeitstest)	DM5 febbraio 1998 e s.m.i.	konform	5000 m ³	konform	5000 m ³	konform	5000 m ³
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	-		SS _{0,2}	5000 m ³	SS _{0,2}	2000 m ³
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	R _{cug50}	20.000 m ³	R _{cug50}	5000 m ³	R _{cug70}	2000 m ³
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	-		R _{g5-}	5000 m ³	R _{g5-}	2000 m ³
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	-		R _{a30-}	5000 m ³	R _{a10-}	2000 m ³
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₁₀₋	20.000 m ³	FL ₁₀₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Anteil an schwimmendem Inertmaterial: Leca (Blähton), Schaumbeton, usw.	UNI EN 933-11			FL ₅₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nicht schwimmendes steiniges Materialien	UNI EN 933-11	X _I	20.000 m ³	X _I	5000 m ³	X _I	2000 m ³
Max. Dichte mittels modifiziertem Proctorversuch	UNI EN 13286-2	-		γ	5000 m ³	γ	2000 m ³
Tragfähigkeit CBR an verdichteten Probenkörpern nach 4 Tagen Wasserlagerung mit einer ±2% optimalen Feuchte bei 95% der optimalen modifizierten Proctordichte	UNI EN 13286-47	-		≥20	50.000 m ³	≥40	50.000 m ³
Schwellwert bei CBR	UNI EN 13286-47	-		≤1%		≤1%	50.000 m ³
Abnahme der Festigkeit nach Frost-/Taufversuchen	EN 1367-1	-		ΔS _{1A} ≤ 30	5000 m ³	ΔS _{1A} ≤ 30	2000 m ³
Anmerkung: Das Symbol γ gibt an, dass die Charakteristiken ermittelt aber keine Anforderung entsprechen müssen Das Symbol - gibt an, dass die Charakteristik weggelassen werden kann							

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitzpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Bei Schutzbauwerken gegen hydrogeologische Gefahren müssen vorzugsweise rezyklierte Materialien verwendet werden, welche den geltenden Normen und Gesetzen entsprechen. Rezykliertes Material darf unter keinen Umständen in Kontakt mit dem Grundwasserspiegel, bei Drainagen oder in Aufschüttungskörpern mit tragender Funktion, die in geringerer Tiefe als der Frosttiefe liegen, Verwendung finden. In diesem Fall ist ausschließlich die Verwendung von natürlichem Gesteinsmaterial erlaubt.

C.2.5) VERFÜLLUNGEN

Die Verfüllungen von Arbeitsräumen im Bereich von unterirdischen Bauwerken oder von Gräben für erdverlegte Leitungen im Straßenkörper sowie die Anschüttung von Mauern und Stützbauwerken sind mit eigenen Fragestellungen verbunden. Die im Allgemeinen wegen den engen Platzverhältnissen und der Schadensanfälligkeit der betroffenen Bauwerke erschwerte Verdichtung darf keinesfalls als Vorwand für eine unzureichende Tragfähigkeit der Auffüllung gelten.

Das Schüttgut muss für die Verdichtung mit Rüttelgeräten geeignet sein und die Korngrößenverteilung ist auf diese Anforderung besonders abzustimmen.

Bei den Verfüllungen kann auch rezykliertes Material verwendet werden, auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien, sofern es die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle C.3 erfüllt.

Das mit Lastkraftwagen oder ähnlichen Fördermitteln angelieferte Schüttgut oder rezyklierte Material darf nicht direkt in die Gräben oder neben die Bauwerke gekippt werden, sondern ist in dessen Nähe zwischenzulagern, aufzunehmen, schichtweise einzubauen und mit geeigneten Geräten zu verdichten.

Der Unternehmer darf die Anschüttungen oder Hinterfüllungen erst nachdem die Bauwerke die erforderliche Standfestigkeit erreicht haben herstellen. Beim Einsatz schwerer Rüttelgeräte ist ein Sicherheitsabstand von zumindest 1,5m von den Bauwerken einzuhalten. Innerhalb des besagten Bereichs sind leichte Verdichtungsgeräte, wie Rüttelplatten oder handgeführte Walzen einzusetzen; die geforderte Stabilität und Verdichtungsgrad des Bodens müssen durch Herabsetzung der Schichtdicken gewährleistet werden.

Bei der Durchführung in Abschnitten von durch Schächte, Kanäle, Leitungen oder sonstige Bauwerke unterbrochene Verfüllungen und Aufschüttungen, ist die Gleichförmigkeit der Eigenschaften über das ganze Erdbauwerk durch Verwendung gleichbleibender Böden mit gleichbleibenden Schichtdicken zu gewährleisten. Bei der Anschüttung von Bauwerken kann der Bauleiter je nach Bodeneigenschaften auch zusätzlich zu den getroffenen Vereinbarungen die Verbesserung der Aufschüttung mit hydraulischen Bindemitteln bestellen. Das Bindemittel wird auf der Baustelle dem Schüttgut nach Aussonderung der Körnung über 40 mm beigegeben. Die Bodenverbesserung erfolgt in einem Bereich mit trapezförmigem Querschnitt, mit einer Höhe h , die jener der Aufschüttung entspricht, einer Breite unten von 2,0 m und oben von $2,0 \text{ m} + 3/2 h$.

Als Bindemittel müssen Zemente mit sehr hoher Sulfatbeständigkeit SR 0 und langsamer Abbindung, vorzugsweise der neuen Generation mit recycelten Bestandteilen und geringerer Umweltbelastung in der Produktionsphase, verwendet werden; die genaue Dosierung muss mittels Laboruntersuchungen festgestellt werden.

Das in höchstens 30 cm dicken Schichten eingebaute Gemisch ist bis zur Erreichung einer Dichte von 98% der Trockendichte nach Proctor Standard (UNI EN 13286-2 oder DIN 18127) zu verdichten.

D) UNTERBAU

Der Unterbau ist der Bereich des Straßenkörpers, wo die Einwirkung der vom Verkehr erzeugten und auf die Straßendecken übertragenen Erschütterungen, noch deutlich erkennbar ist. Der Unterbau stellt somit die Verbindungsschicht zwischen dem anstehenden Boden, sowohl im Einschnitt als auch bündig mit Oberkante Gelände, beziehungsweise zwischen der Aufschüttung und der Straßendecke dar.

1) Aufbau und Baustoffe

Zur Aufstellung des ausführlichen Arbeitsprogramms für die Erdarbeiten muss man sich vergegenwärtigen, dass nicht alle für Aufschüttungen geeignete Gesteinskörnungen auch für die Erstellung der Unterbauschichten verwendet werden können.

- da die Oberfläche ein regelmäßiges Profil aufweisen muss, kommt grundsätzlich die Verwendung von Schüttgut mit Bestandteilen größer als 100 mm nicht in Frage;

- bei der Herstellung ungebundener Schichten müssen nichtbindige, vorwiegend aus Bruch mit geringem Feinkornanteil (Gruppen GW, SW) bestehende Gesteinskörnungen mit einer geeigneten Korngrößenverteilung (abgestufte Sieblinie) verwendet werden, damit die geforderten mechanischen Eigenschaften und die nötige Undurchlässigkeit erreicht werden.

Natürlich oder durch Beigabe geeigneter Korngruppen verbesserte, aus Gruben oder Wasserläufen gewonnene Gesteinskörnungsgemische der Korngruppe 0/100 mm mit abgestufter Sieblinie, welche zur Gruppe GW gehören, eignen sich besonders für die Herstellung von Unterbauschichten.

Abgesehen von technisch oder wirtschaftlich zu rechtfertigenden Lösungen, können ohne Beigabe von Bindemitteln auch Böden mit Gruppenindex IG = 0 verwendet werden, sofern keine Bestandteile D>100 mm enthalten sind und die Tragfähigkeit den unten angegebenen Anforderungen entspricht.

Böden der Gruppen GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP dürfen auch verwendet werden, immer sofern die Grenzwerte für das Größtkorn eingehalten werden, und sofern sie durch Beigabe von Zement, Kalk oder Zement-Kalk verbessert werden.

Können mit Tragfähigkeitsmessungen im Labor (UNI EN 13286-47) zuverlässige CBR - Werte erhalten werden, etwa bei Böden mit Korngröße kleiner als 20 mm, kann die Gesteinskörnung verwendet werden, wenn zumindest folgende Tragfähigkeitskennwerte CBR (in optimaler Proctordichte gesättigt eingebaut) festgestellt werden:

- bei Unterbauschichten aus körnigen Böden, bei trockener Witterung und sofern keine Gefahr besteht, dass die Aufschüttung durch Wasserandrang oder aufsteigender Feuchtigkeit durchnässt wird:
CBR = 20 (Wassergehalt $w = w_{opt} \pm 2\%$; ohne Wasserlagerung);
- bei Unterbauschichten aus körnigen Böden, sofern eine der obigen Bedingungen nicht zutrifft:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; nach 4-tägiger Wasserlagerung);
- bei Unterbauschichten aus lehmigen oder tonhaltigen Böden bei unzureichender Entwässerung:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; bei vollständiger Sättigung).

Für den Unterbau können, zusätzlich zum Bodenaushub (sofern geeignet), um den im Ministerialdekret vom 05.08.2024 (CAM-Straßen) geforderten Anteil von 70 % an wiederverwertetem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material zu erreichen, auch rezyklierte Materialien auch als Mischung mit natürlichen Böden und Gesteinskörnungen, verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle C.3 erfüllen. Schlussendlich können zur Herstellung von Unterbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln (Zement, Kalk, Kalk-Zement) verbesserte Böden, Abbruch sowie weiche, durch Verwitterung von Fels entstandene, bindige Gesteinskörnungen verwendet werden.

In letzteren Fällen ist die Eignung entweder im Labor durch Tragfähigkeitsmessungen CBR, wobei die obigen Richtwerte für die Tragfähigkeit eingehalten werden müssen, oder an den fertigen Schichten durch Messung des Verformungsmoduls Ev_2 , mit den Anforderungen nach Tabelle C.3, zu überprüfen sind.

Zur raschen Ableitung des anfallenden Tagwassers müssen die Oberflächen der Unterbauschichten in Straßendämmen dachförmig nach außen oder in Einschnitten zu den Entwässerungsanlagen hin mit einem Gefälle von 4% profiliert werden.

E) PRÜFUNGEN

1) Überprüfung der angelieferten Materialien

Im Verlauf der Arbeiten müssen sowohl aufgrund der durch den Einbau der Bodenschichten vor allem in Zusammenhang mit der Verdichtung gestellten Anforderungen als auch zum Nachweis, dass gleichbleibende Stoffeigenschaften gegeben sind, Prüfungen an in Anwesenheit des Bauleiters entnommenen Probekörpern durchgeführt werden.

Die Anzahl der zu entnehmenden Prüfkörper hängt von der Heterogenität der jeweils betrachteten Böden ab; für jede Lieferung ist die Anzahl der Eignungsprüfungen nach Tabelle E.1 zu entnehmen. Wenn nachgewiesen ist, dass das angelieferte Material konstant homogen ist, kann die Häufigkeit der Materialprüfungen wie in Tabelle E.1 vorgesehen, von der Bauleitung verringert werden.

Tabelle E.1

ANZAHL DER PRÜFUNGEN AN DEN ANGELIEFERTEN GESTEINSKÖRNUNGEN				
Verwendung	Aufschüttung		Unterbau	
Prüfung	erste 10.000 m³	weitere m³	erste 5.000 m³	weitere m³
Klassifizierung nach SN 670 008a	eine Prüfung je 2.000 m ³	eine Prüfung je 5.000 m ³	eine Prüfung je 500 m ³	eine Prüfung je 2.000 m ³
Wassergehalt UNI CEN ISO/TS 17892-2	eine Prüfung je 500 m ³	eine Prüfung je 1.000 m ³	eine Prüfung je 200 m ³	eine Prüfung je 500 m ³
Verdichtungsgrad UNI EN 13286-2 / DIN 18127	eine Prüfung je 5.000 m ³	eine Prüfung je 10.000 m ³	eine Prüfung je 1.000 m ³	eine Prüfung je 5.000 m ³

2) Prüfung der Dichte und der Tragfähigkeit

Die einwandfreie Beschaffenheit der fertigen Bodenschichten kann, mit Bezug auf die Korngrößenverteilung der verwendeten Gesteinskörnung, durch die Prüfung des vorhandenen Verdichtungsgrades, im Vergleich zu den im Labor mit den AASHO-Versuchen erhaltenen Bezugswerten und/oder durch die Messung der Tragfähigkeit festgestellt werden.

Die Tragfähigkeitsprüfungen sind durch Messung des Verformungsmoduls E_{v2} nach DIN 18134 durchzuführen. Außerdem können auch Schnellversuche oder Hochleistungsversuche, wie etwa Messungen mit dem leichten Falling Weight Deflectometer LFWD, zweckmäßig sein.

Dichtemessungen in Feldversuchen (Feucht- bzw. Trockendichte γ_d) werden nach DIN 18125 ausgeführt; die Ergebnisse werden auf den im Labor nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127 festgestellten Wert $\gamma_{d,max}$ bezogen. Zusätzlich ist der Wassergehalt der verdichteten Gesteinskörnungen nach UNI CEN ISO/TC 17892-1 festzustellen.

In Tabelle E.2 sind die Mindestanforderungen für die fertigen Schichten je nach ihrer Lage zusammengefasst. Soll auf Schnell- oder Hochleistungsversuche zurückgegriffen werden, müssen die Mindestanforderungen experimentell für jede Gesteinskörnungsart und für jede Anforderungsklasse festgestellt werden. Die Versuche können im Versuchsgelände oder auf den fertigen Bodenschichten, vor Beginn der Abschlussprüfungen, durchgeführt werden.

Beispielsweise wird bei den Schnellversuchen zur Bestimmung der Tragfähigkeit mit dem leichten Falling Weight Deflectometer LFWD eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Geräten erhaltenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Das Schüttgut wird aufgrund des über diese Beziehung erhaltenen Wertes von E_{v2} beurteilt.

Die Tragfähigkeit des Bodens hängt in einem je nach Bodenart ausgeprägtem Ausmaß vom Wassergehalt ab; die in Tabelle E.2 angeführten Eigenschaften beziehen sich immer auf einen Wassergehalt zwischen den Grenzwerten $W_{opt} \pm 2\%$ (W_{opt} aus Versuchen nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127).

Wenn der Wassergehalt der Gesteinskörnung, während den Versuchen außerhalb der besagten Grenzen liegen sollte, kann die Tragfähigkeit aufgrund der je nach Wassergehalt korrigierten Messergebnisse geschätzt werden. Demnach müssen für jede Bodenart vorsorglich im Versuchsgelände die Zusammenhänge zwischen Tragfähigkeit und Wassergehalt des Bodens festgelegt werden.

Wurden diese Beziehungen nicht festgestellt, muss bei Plattendruckversuchen oder bei Setzungsmessungen der Wassergehalt bis auf eine Tiefe von zumindest 15 cm innerhalb besagter Grenzen zurückgeführt werden.

Tabelle E.2

GÜTERICHTWERTE UND ANFORDERUNGEN FÜR AUFSCHÜTTUNGEN UND UNTERBAUSCHICHTEN		
SCHICHT	Verdichtungsgrad % $\gamma_{d \max}$ im Labor ⁽¹⁾	Verformungsmodul E_{v2} (MPa)
Unterbau ⁽²⁾	$\geq 98 \%$	≥ 120
Aufschüttung ⁽³⁾	$\geq 98 \%$	≥ 80
⁽¹⁾ Standard Proctor Versuch nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127 ⁽²⁾ in Gräben, auf der gesamten Dicke bei Bodenaustausch; in Aufschüttungen, in den obersten Schichten 1,0 m ab OK Untergrund ⁽³⁾ Aufschüttung in einer Tiefe größer als 1,00 m ab Auflager der Straßendecke		

Die Prüfungen werden an den vom Bauleiter angegebenen Stellen durchgeführt; über jede Messung ist eine Niederschrift zu führen.

3) Anzahl der Prüfungen

Sofern keine anders lautenden Anweisungen des Bauleiters vorliegen, muss die Anzahl der Prüfungen in den innerhalb Tabelle E.3 angegebenen Grenzen liegen.

Tabelle E.3

ANZAHL DER PRÜFUNGEN AN DEN FERTIG EINGEBAUTEN SCHICHTEN					
Prüfungsart	AUFSCHÜTTUNG		UNTERBAU		
	erste 5.000 m³	weitere m³	erste 5.000 m²	weitere m²	Fläche m²
Dichte	eine Prüfung je 500 – 1.000 m ³	eine Prüfung je 3.000-5.000 m ³	eine Prüfung je 350 - 500 m ²	eine Prüfung je 1.000 m ²	-
E_{v2}-Modul Verhältnis E_{v2}/E_{v1}	eine Prüfung je 1.000-1.500 m ³	eine Prüfung je 5.000 m ³	-	-	eine Prüfung je 1.000 -2.000 m ²
E_{vd}-Modul (LFWD)	eine Prüfung je 100-150 m ³	eine Prüfung je 500 m ³			eine Prüfung je 200 -400 m ²

4) Toleranzen für die Messergebnisse

Bei weniger als 5 Messwerten, wie dies bei geringfügigen Arbeiten der Fall sein kann, gelten für jeden einzelnen davon die in Tabelle E.2 angeführten unteren Grenzwerte.

Ansonsten können innerhalb derselben Prüfung bei einem einzigen Messwert aus einer Reihe von 5 Messungen, folgende Abweichungen von den besagten unteren Grenzwerten zugelassen werden:

- 5% bei Messungen der Trockendichte γ_d ;
- 10% bei Tragfähigkeit (Verformungsmodul E_{v2} oder sonstige Kenngrößen).

5) Toleranzen für die Ausführung des Planums

Für die Profilierung des Planums gelten folgende Toleranzen:

- $\pm 2\%$ für die Neigung der Böschungen in Einschnitten und Aufschüttungen;
- ± 3 cm für Unterbauschichten;
- ± 5 cm für die Auflagefläche des Unterbaus;
- ± 10 cm für die Abtreppungen in Böschungen, mit oder ohne Einbau einer Oberbodenschicht.

Die Abweichungen von den Toleranzen sind als Stichmaß unter einer 4 m langen, in zwei zueinander im rechten Winkel liegenden Richtungen aufgesetzten Richtlatten zu messen; das Stichmaß ist im rechten Winkel zu den überprüften Flächen zu messen.

In der Regel ist die Ausführungsgenauigkeit:

- jede 500 m², für Böschungen und Auflagefläche des Unterbaus und

- jede 200 m², für die Auflagefläche der Straßendecken zu prüfen.

Eventuelle "Nichtkonformitäten" aufgrund von "Mängeln" (Fehlen vom Material) an den fertigen Schichtoberflächen, die über die vorgegebenen Toleranzen hinausgehen, können nicht durch Auffüllen und anschließendes Walzen von kleinen Materialmengen (weniger als 10 cm dick) korrigiert werden, sondern die nicht konforme Schicht muss vorher entfestigt (umgraben) und dann mit genügend Material ergänzt und erneut verdichtet werden. Es ist dagegen möglich, "Nichtkonformitäten" an den fertigen Schichtoberflächen aufgrund von "Übermaß" (Bereiche der fertigen Oberfläche, die höher sind als die geforderten Profile) durch Abtragen von Material zu korrigieren, sofern es mit den im Projekt vorgesehenen Schichthöhen und der Profilierung des Planums kompatibel ist.

Prämisse

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Straßenkörper und den Straßenoberbau einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 70% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Artikel 2 BODENVERBESSERUNG MIT KALK

Bei diesem Verfahren wird die zu behandelnde Bodenschicht mit Kalk bestreut und durch Einsatz von fahrbaren Mischern mit dem Bindemittel vermischt (Eingang- oder Mehrgangmischer). Dadurch werden eine mittel- und langfristige Verbesserung der mechanischen Eigenschaften sowie der Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung von Wasser und Frost-Tauwechsel des Bodens erreicht.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Kalk

1.1) Allgemeines und Herkunft

Zur Bodenverbesserung kann vorwiegend aus Kalkoxyd und Kalkhydrat bestehender Luftkalk sowie ungelöschter¹ oder gelöschter Branntkalk verwendet werden. Die zu verwendende Kalkart hängt vom Wassergehalt des zu verbessernden Bodens ab: für Böden mit hohem Wassergehalt ist ungelöschter Kalk zu verwenden. Der Kalk muss durch Kalzinierung aus Kalkstein hergestellt werden; die Verwendung von durch Verwertung von Baurückständen gewonnenem Kalk ist unzulässig.

Der verwendete Kalk muss gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe klassifiziert sein und mit entsprechendem Leistungsverzeichnis (DoP) versehen sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 459-1 angebracht sein.

1.2) Anforderungen

Im Straßenbau darf ausschließlich Kalk der Klassen CL 90 oder CL 80 verwendet werden.

Die Korngrößenverteilung des ungelöschten Kalks muss zusätzlich innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.1 liegen. Bei der Bestimmung der Reaktivität nach UNI EN 459-2² muss der ungelöschte Kalk innerhalb von 25 Minuten eine Temperatur von 60°C erreichen.

Tabelle A.1				
Sieboffnung (mm)	Kategorie P1	Kategorie P2	Kategorie P3	Kategorie P4
10	-	100	-	100
5	-	100	100	≥95
2	100	≥95	≥95	-
0,2	≥95	≥70	-	-
0,09	≥85	≥50	≥30	-
Anmerkung: Bestimmung der Korngrößenverteilung nach UNI EN 459-2				

¹ Ungelöschter Kalk wird gemahlen als Pulver oder als Wassersuspension verwendet. In letzterem Fall muss die Suspension zumindest 70% in Gewichtsanteilen Kalkoxyd enthalten.

² Enthält der Branntkalk eine Korngrößenfraktion, die im 2-mm-Sieb zurückgehalten wird, muss dieses Material auf eine Größe von weniger als 2 mm zerkleinert werden, damit es geprüft werden kann.

Der Bauleiter stellt die Einhaltung der gestellten Anforderungen anhand der EG-Konformitätserklärung für die Baustoffe und die Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

1.3) Wasser

Das zum Vermischen und zum Abbinden beigegebene Wasser darf die Eigenschaften des Gemischs nicht beeinträchtigen. Trinkwasser kann ohne weitere Überprüfung verwendet werden. Auf Anweisung des Bauleiters ist die Eignung des Wassers zu überprüfen; die Anforderungen für das Anmachwasser sind in der Norm UNI EN 1008 festgelegt.

1.4) Boden

Sowohl der Boden des Untergrunds sowie die Aufschüttungen können mit Kalk verbessert werden, sofern:

- der Boden den Klassen A₆ und A₇ nach UNI 11531-1, den Klassen A₂₋₆ und A₂₋₇ mit einem Durchgang beim 0,4 mm-Sieb UNI nicht kleiner als 35% oder der Klasse A₅ mit I_p>8 zugeordnet werden kann;
- für den Boden ein Kationen-Austausch-Kapazität (KAK-Wert) größer als 200 festgestellt wird (Methylenblau-Methode: 200 cm³ Methylenblau-Lösung 10g/l auf 100 g des Durchgangs beim 0,25 mm-Sieb, nach UNI EN 933-9);
- der Gehalt an organischen Bestandteilen nicht größer als 3% ist;
- der Durchmesser des Größtkorn kleiner als 60 mm ist.
- der Sulfatanteil (SO₃) nicht größer als 0,3% nach UNI EN 1744-1, Absatz 10 ist; zur Aussonderung der Sulfate aus dem Boden ist jedoch ein Verhältnis in Gewichtsanteilen Wasser/Boden von 10 anzusetzen. Wird vereinzelt ein Sulfatgehalt zwischen 0,3% und 0,5% festgestellt, kann der Boden örtlich zu Quellerscheinungen neigen, der Boden ist in diesem Fall besonders sorgfältig zu zerkleinern und mit Kalk zu vermischen. Insbesondere muss beim Mischvorgang der Wassergehalt des Bodens zumindest um 3-5% den bei den Verdichtungsversuchen festgestellten Optimalwert übersteigen. Nach einer Abbindezeit von zumindest 3 Tagen kann neuerlich Bindemittel beigemischt werden; die verbesserte Bodenschicht kann in der Folge verdichtet werden. Wird ein Sulfatgehalt zwischen 0,5% und 0,8% festgestellt, sind die beschriebenen Maßnahmen zu treffen und zusätzlich die genaue Abstimmung der Abbindezeit im Rahmen der Versuche zur Festlegung des Mischgutansatzes durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt kann auch überprüft werden, ob es zweckmäßig ist, den Kalk in 2 unterschiedlichen Arbeitsgängen beizumischen. Die Annahme des Gemischs hängt vorwiegend vom Quellmaß ab. Bei einem Sulfatgehalt über 0,8% ist von einer Bodenverbesserung mit Kalk abzusehen.

1.5) Gemisch

Die Zusammensetzung des Gemisches Boden-Kalk-Wasser muss aufgrund von, an amtlich anerkannten Prüfanstalten nach DPR Nr. 380/2001 Artikel 59, durchgeführten Versuchen zur Festlegung des Mischgutansatzes ermittelt werden.

1.5.1) Mischgutansatz

Für Bodenverbesserungen werden zumindest 3 Boden-Kalk-Gemische untersucht; dabei wird der Kalkgehalt, beginnend von dem unter a) angeführten Mindestwert (C.I.C.) gesteigert. Sofern keine weiteren Vorschriften des Bauleiters bei Böden mit mittlerem oder hohem Sulfatgehalt vorliegen, umfasst die Untersuchung zumindest folgende Prüfungen an dem zu verbessernden Boden:

- a) Feststellung des Mindestwertes für den Kalkgehalt (C.I.C.) nach ASTM D6276-99a;
- b) Feststellung des Blauwertes nach UNI EN 933-9;
- c) Feststellung der Fließ- und der Plastizitätsgrenze (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- d) Feststellung der Verdichtungskurve mit dem Standard Proctorversuch (UNI EN 13286-2 oder alternativ mit DIN 18127) für zumindest 5 Wassergehaltswerte sowie den natürlichen Wassergehaltswert des ungestörten Bodens;

Am Boden-Kalk-Gemisch sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- a) Feststellung der Fließ- und der Plastizitätsgrenze (UNI CEN ISO/TS 17892-12);



- b) Feststellung der Verdichtungskurve mit dem Standard Proctorversuch (UNI EN 13286-2) für zumindest 5 Wassergehaltswerte sowie den natürlichen Wassergehaltswert des ungestörten Bodens;
- c) Feststellung des CBR Wertes (UNI EN 13286-47) an verdichteten Prüfkörpern mit optimalem Wassergehalt W_{opt} sowie $W_{opt}+3\%$, nach 28-tägiger Lagerung bei $20^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$ und relativer Feuchte $>95\%^2$ und nachträglicher Sättigung durch 4-tägige Wasserlagerung bei $20^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$. Nach der Sättigung wird zusätzlich das Quellmaß festgestellt. Auf Anweisung des Bauleiters sind die Messungen an je zwei Prüfkörpern für jeden Wassergehaltswert des Gemischs durchzuführen.
- d) auf Anweisung des Bauleiters ist zusätzlich der “unmittelbare” CBR-Wert nach CNR-UNI 10009 an verdichteten Prüfkörpern mit optimalem Wassergehalt W_{opt} sowie $W_{opt}+3\%$ festzustellen;
- e) auf Anweisung des Bauleiters ist zu Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel die Druckfestigkeit nach UNI EN 13286-41 festzustellen; die Prüfkörper sind nach UNI EN 13286-50 mit 98% der größten, bei den Verdichtungsversuchen erhaltenen Dichte und mit dem, bei der Verdichtung auf der Baustelle vorgesehenen Wassergehalt herzustellen. Die Probekörper werden während 28 Tagen bei $20^\circ \pm 1^\circ \text{ C}$ und relativer Feuchte $>95\%$ gelagert. Nach der Lagerung werden die Prüfkörper 13 Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt (16 Stunden bei -5° C , 8 Stunden bei 8° C). Auf Anweisung des Bauleiters sind die Messungen an je zwei Prüfkörpern durchzuführen.

Zur Aufbereitung des Gemischs wird der Boden bei einer Temperatur von höchstens 60° C getrocknet, bis die Masse unverändert bleibt. Danach wird Kalk in den zu untersuchenden Anteilen beigegeben. In der Folge wird Wasser in den zu untersuchenden Anteilen beigegeben; einer dieser Werte muss dem Wassergehalt des ungestörten Bodens entsprechen.

Der Zeitraum zwischen der Wasserbeigabe und der Verdichtung des Gemischs wird auch aufgrund der Hinweise des Bauleiters bezüglich Bodenart, Arbeitsprogramm und Feldprüfungen festgelegt.

Die Verdichtungskurven und die CBR-Kurven sind sowohl als Funktion der dem getrockneten Boden beigegebenen Wassermenge als auch des am Boden-Kalk-Gemisch nach Lagerung gemessenen Wassergehalts, darzustellen.

B) GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Zur Verbesserung des Unterbaus gelten die Boden-Kalkgemische als geeignet, welche folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Mindestwert für den Kalkgehalt (C.I.C.) $>1,5\%$;
- b) Methylenblauwert VB $>2 \text{ g/kg}$;
- c) CBR-Wert $>30\%$ für Prüfkörper mit einem Wassergehalt bei der Aufbereitung W_{opt} und $W_{opt}+3\%$, nach Lagerung und Sättigung;
- d) Quellmaß nach 4-tägiger Wasserlagerung $<1,5\%$ für Prüfkörper mit einem Wassergehalt bei der Aufbereitung W_{opt} und $W_{opt}+3\%$, nach Lagerung und Sättigung;
- e) Druckfestigkeit $R_c \geq 1,2 \text{ MPa}$.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn des Einbaus die Ergebnisse der genannten Prüfungen mitzuteilen und den Kalkanteil, den er dem Gemisch beizugeben gedenkt, vorzuschlagen. Nach Genehmigung des Mischgutansatzes durch den Bauleiter, kann das Gemisch verwendet werden.

Unter keinen Umständen darf der Gewichtsanteil des Kalks am Gemisch geringer als $2,0\%$ sein, ist dies der Fall, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Bodenschicht abzutragen und zu beseitigen.

C) EINBAU

Die Oberfläche ist genau nach Zeichnung zu profilieren. Bei Bedarf ist der Boden mit einer Walze zu verdichten, um besonders setzungsempfindliche Bereiche festzustellen. Auf Anweisung des Bauleiters sind diese Bereiche vor Beginn der Verbesserung durch Bodenaustausch oder anders zu verfestigen.

Vor der Vermischung ist der natürlich gelagerte Boden bis auf die für die Verbesserung vorgesehene Tiefe zu lockern; hierzu werden geeignete Maschinen mit rotierenden Schaufeln eingesetzt, welche in mehreren Gängen den Boden aufrösen, bis die größten Erdknollen einen Durchmesser unter 40 mm aufweisen.

² Abweichend kann die Lagerung auch während 48 h bei $49 \pm 1^\circ \text{ C}$ und relativer Feuchte $>95\%$ stattfinden.

Bei diesem Vorgang muss der Boden gleichmäßig über die gesamte Arbeitsbreite und bis auf die gewollte Tiefe gelockert werden. Die Arbeitstiefe muss deutlich verfolgbar und erkennbar sein.

Nach der Auflockerung ist der Wassergehalt des anstehenden Bodens festzustellen; die Messungen sind mit zeitsparenden Verfahren an verschiedenen Standorten und in verschiedenen Tiefen durchzuführen.

Als zufriedenstellend können die Werte für den Wassergehalt zwischen dem Optimalwert für das Gemisch W_{opt} und $W_{opt}+3\%$ betrachtet werden. Bei übermäßigem Wassergehalt wird, im Einvernehmen mit dem Bauleiter, der Boden erneut durchgefräst. Das Bindemittel darf nicht beigegeben werden, solange der Wassergehalt außerhalb der besagten Grenzwerte liegt. Ist der Wassergehalt wesentlich höher als der für die Verdichtung günstigste Optimalwert, ist die Verwendung von gemahlenem, ungelöschtem Kalk wegen seiner wasserentziehenden Wirkung zu empfehlen.

Der staubförmige Kalk wird in der, im Mischgutansatz vorgegebenen Menge mit Einsatz von Verteilermaschinen, mit von der Fahrgeschwindigkeit abhängiger Dosiervorrichtung, ausgestreut. Die Bindemittelverteilung ist bei Wind einzustellen, wenn trotz Ausstattung mit Atemschutz die Gesundheit des Personals und eine genaue Dosierung nicht mehr gewährleistet werden können. Der Boden muss in der Folge gemäß Anweisung des Bauleiters befeuchtet werden, bis der vorgeschriebene Wassergehalt erreicht wird.

Das Bindemittel darf höchstens auf einer, innerhalb einer Tagesschicht zu verbessernden Fläche verteilt werden.

Innerhalb von 6 Stunden nach der Verteilung hat die Vermischung mittels Mischer in 2 oder mehreren Durchgängen zu erfolgen. Einzusetzen sind fahrbare, für eine Arbeitstiefe bis zu 50 cm ausgelegte Mischer mit einer rotierenden Mischwelle.

Die Arbeitstiefe und die Gleichmäßigkeit der Vermischung sind durch Sichtprüfung an der Maschine während des Mischvorgangs festzustellen. Die Beschaffenheit des Gemischs kann auch in Schürfschlitz durch das Phenolphthalein-Verfahren³ überprüft werden.

Nach der Vermischung müssen die Erdschollen so zerkleinert worden sein, dass das gesamte Gemisch durch das Sieb zu 31,5 mm fällt und höchstens 50% des Gemischs auf dem Sieb zu 4 mm liegen bleibt.

Auf Anweisung des Bauleiters muss, je nach Zusammensetzung und Reaktivität des zu verbessernden Bodens, 1 bis 7 Tage nach dem ersten Mischvorgang eine zusätzliche Endvermischung vorgenommen werden. Die Dauer dieser Abbindezeit wird vom Bauleiter aufgrund der Ergebnisse der Prüfungen zur Ermittlung des Mischgutansatzes festgelegt.

Aufgrund der angewendeten Arbeitsverfahren entstehen Längs- und Quernähte an den Übergängen. Die bei der Verbesserung von nebeneinander liegenden Bahnen entstehenden Übergänge müssen um mindestens 15 cm überlappt sein. Die zu behandelnden Bodenschichten müssen innerhalb eines Tages auf ihrer gesamten Breite fertig vermischt werden.

Entlang der senkrecht zur Straßenachse verlaufenden Quernähte, ist das verdichtete Gemisch in den Bereichen, wo der Kalkgehalt, die Dicke oder die Verdichtung unzulänglich oder ungleichmäßig sind, abzutragen. Die Übergänge sind zu Beginn des folgenden Arbeitstages am abgebundenen Boden auszubilden; die Stirnseiten sind senkrecht zu beschneiden, um die Rissbildung zu vermeiden.

Zur Verdichtung sind, je nach geotechnischen Eigenschaften des Boden-Kalk-Gemischs, Schafffußwalzen, Glattmantelwalzen, Rüttelwalzen oder Gummiradwalzen einzusetzen.

Das Planum ist mit Einsatz eines Straßenhobels ohne Beigabe von Boden oder sonstigen Stoffen herzustellen. Das fertige Planum der verbesserten Bodenschicht muss genau nach Zeichnung und nach Längsschnitt profiliert werden.

Nach Abschluss der Verdichtungs- und Profilierungsarbeiten muss das behandelte Material durch Aufsprühen einer langsam brechenden Bitumenemulsion (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4) mit einer Dosierung von 1,0 - 1,5 kg/m², je nach Oberflächenporosität und Absorptionsvermögen des oberen Teils der behandelten Schicht, geschützt werden. Die Emulsion muss mit Sand oder Splitt abgedeckt werden, um zu verhindern, dass sie von Baustellenfahrzeugen abgetragen wird. Die Schutzschicht aus Bitumenemulsion kann vermieden werden, wenn die mit Kalk behandelte Schicht nach kurzer Zeit von einer darüber liegenden Schicht überdeckt wird. In diesem Fall muss das mit Kalk behandelte Material während der Zeit bis zu Überdeckung ständig feucht gehalten werden, mit mindestens drei Sprühdurchgängen Wasser pro Tag, bis die überlagernde Schicht realisiert ist.

³ Ein 30 cm breiter Schürfschlitz wird auf die gesamte Dicke der verbesserten Bodenschicht ausgehoben. Die Grabenwände werden mit dem pH-Indikator aus in Alkohol gelöstem Phenolphthalein gesättigt. Von der Intensität der violetten Verfärbung des Indikators können die Tiefe und die Gleichmäßigkeit der Vermischung mit Kalk abgeleitet werden.

D) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften der mit Kalk verbesserten Bodenschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen und am Gemisch als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der Standard Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 oder ASTM D 1556-90 gemessen.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d,opt}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \cdot \gamma_{d,opt} - \gamma_d) / 0,98 \cdot \gamma_{d,opt}$$

Werte der Trockendichte weniger als 98% des im Labor, am mit der Standard Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2, DIN 18127) verdichteten Gemisches, gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$, führen dazu, dass der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen hat; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 120 MPa nicht unterschreiten; das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 200 MPa liegt, ist das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit unter dem Sollwert festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(120 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Messwerte für den Verformungsmodul E_{v2} unter 100 MPa und/oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 (nur bei E_{v2} weniger als 200 MPa) hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlussprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der gebundenen Bodenschichten wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Der Bauleiter kann zusätzlich Messungen des CBR-Wertes, des Quellmaßes und der Druckfestigkeit an auf der Baustelle entnommenen Probekörpern des verdichteten Gemischs verlangen.

Werden die im Labor am Mischgutansatz gemessenen Werte um mehr als 90% unterschritten, entscheidet der Bauleiter über die Annahme der verbesserten Bodenschichten und über mögliche Preisabzüge.

Tabelle D.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
Art des Prüfkörpers	Entnahmeort	Prüfhäufigkeit	Zu Prüfende Kenngrößen
Verdichtetes Gemisch	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 2.000 m ³ verbesserter Boden	CBR-Wert, Quellmaß und Druckfestigkeit (Bruch) nicht unter 90% der im Labor für das Gemisch nach Mischgutansatz erhaltenen Werte
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Lagerungsdichte nicht unter 98% der im Labor gemessenen Dichte nach Proctor Standard
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Verformungsmodul E_{v2} , mit Plattendruckversuch (Platte zu 300 mm) nach DIN 18134 festgestellt, nicht unter 120 MPa mit $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Straßenkörper und den Straßenoberbau einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 70% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Artikel 3

GEBUNDENE SCHICHTEN: MIT ZEMENT UND/ODER KALK STABILISIERT

Die Technik besteht in der Stabilisierung mittels Vermischung mit geeigneten Mischmaschinen (Pulvimixer), von Kalk und Zement mit dem alten Straßenkörper.

Der Eingriff kann direkt auf die oder den bestehenden Schichten, d.h. auf die geprüften und aufgelockerten Materialien, durchgeführt werden. Die oberen Schichten werden zunächst abgetragen, um die Stabilisierung des Untergrundes mit Kalk zu ermöglichen und anschließend wieder aufgetragen, um den neuen Straßenunterbau herzustellen.

Der gleiche Eingriff kann bei der Realisierung von Straßenunterbauten angewendet werden, bei Anwesenheit von Materialien, dessen Eigenschaften den Anforderungen nicht entsprechen (plastisches Verhalten, geringe Kohäsion).

Die Anwendung von Kalk, zusätzlich zum Zement, ist dann erforderlich, wenn das zu stabilisierende Material einen Plastizitätsindex $I_p > 6$ (bestehende plastische Tragschicht, Vermischung mit dem bestehenden Straßenunterbau, plastische Zugabematerialien) aufweist.

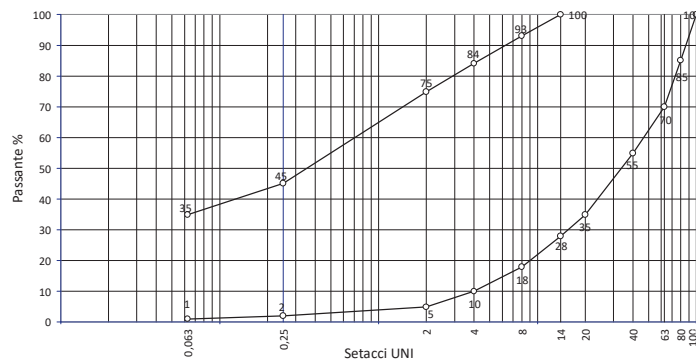
A) MISCHGUTANSATZ

1) Zu stabilisierendes Material

Das zu behandelnde Material stammt generell von den alten Tragschichten und beinhaltet eventuell auch Teile der darüberliegenden Asphaltsschichten (Fräsgut), bis zu einem Maximum von 30% (bezogen auf das Trockengewicht der Mischung), und Material des Unterbaues. Weiters können Aushubmaterial, natürliche Gesteinskörnungen und/oder rezykliertes Material verwendet werden. Die Korngrößenverteilung des zu behandelnden Mischgutes muss innerhalb des Sieblinienbereiches nach Tabelle A.1 liegen.

Tabelle A.1

KÖRNUINGSVERTEILUNG		
Serie ISO	Mm	% Durchgang
Sieb	100	100
Sieb	80	85 – 100
Sieb	63	63 – 100
Sieb	40	55 – 100
Sieb	20	35 – 100
Sieb	16	31 - 100
Sieb	14	28 – 100
Sieb	12,5	24 - 97
Sieb	10	22 - 96
Sieb	8	18 – 93
Sieb	6,3	15 - 90
Sieb	4	10 – 84
Sieb	2	5 – 75
Sieb	1	4 - 65
Sieb	0,25	2 – 45
Sieb	0,063	1 – 35



Der vorhandene Boden kann mit Kalk und/oder hydraulischem Bindemittel behandelt werden, wenn der Anteil an organischem Material nicht höher als 3% ist und der Sulfatanteil (SO_3), gemessen nach UNI EN 1744-1, die 0,3% nicht überschreitet.

2) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein. Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme, vorzugsweise der neuen Generation mit recycelten Bestandteilen und geringerer Umweltbelastung in der Produktionsphase, zu verwenden und das Mischverhältnis ist anhand spezifischer Laborprüfungen zu ermitteln.

3) Kalk

In den Fällen, wo das zu stabilisierende Material einen Plastizitätsindex $\text{IP} > 6$ zeigt muss eine Vorbehandlung mit Kalk erfolgen. Zur Bodenverbesserung kann vorwiegend aus Kalkoxyd und Kalkhydrat bestehender

Luftkalk sowie ungelöschter¹ oder gelöschter Branntkalk verwendet werden. Die zu verwendende Kalkart hängt vom Wassergehalt des zu verbessernden Bodens ab: für Böden mit hohem Wassergehalt ist ungelöschter Kalk zu verwenden. Der Kalk muss durch Kalzinierung aus Kalkstein hergestellt werden; die Verwendung von durch Verwertung von Baurückständen gewonnenem Kalk ist unzulässig. Der verwendete Kalk ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 459-1 angebracht sein. Es darf ausschließlich Kalk der Klassen CL 90 oder CL 80 verwendet werden.

4) Wasser

Das zum Vermischen und zum Abbinden beigegebene Wasser darf die Eigenschaften des Gemischs nicht beeinträchtigen und darf keine schädlichen Verunreinigungen, Öle, Säuren, Laugen, organisches Material, Ton oder Schluff sowie sonstige schädliche Substanzen enthalten. Auf Anweisung des Bauleiters ist die Eignung des Wassers zu überprüfen; die Anforderungen für das Anmachwasser sind in der Norm UNI EN 1008 festgelegt.

5) Gemisch

Die Zusammensetzung des Bindemittels (Hydraulisches Bindemittel und eventuell Kalk) und der für das Auswalzen optimale Feuchtegehalt, werden aufgrund von, an amtlich anerkannten Prüfanstalten nach DPR Nr. 380/2001, Artikel 59 durchgeführten Versuchen zur Festlegung des Mischgutansatzes ermittelt.

B) GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn des Einbaus die Ergebnisse der genannten Prüfungen mitzuteilen und den hydraulischen Bindemittel- und Kalkanteil, den er dem Gemisch beizugeben gedenkt, vorzuschlagen. Nach Genehmigung des Mischgutansatzes durch den Bauleiter, kann das Gemisch verwendet werden.

Sofern die Mischungen die Anforderungen erfüllen, welche in Tabelle B.1 dargestellt sind, werden sie als geeignet zur Anfertigung einer Tragschicht angesehen.

Tabelle B.1					
Zementgebundenes Korngemisch (weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch)					
Anforderung	Prüfmethode	Symbol	Maßeinheit	Sollwert	Widerstandsklassen
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≤ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Indirekte Zugfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Steifigkeitsmodul nach 28 Tagen – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	3,0 – 8,0	Kategorie T2 – T4
(*) Prüfkörper mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellt					

Unter keinen Umständen darf der Gewichtsanteil des Kalks bzw. hydraulische Bindemittel am Gemisch geringer als 2,0% sein, ist dies der Fall, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Bodenschicht abzutragen und zu beseitigen.

C) EINBAU

Vor dem Mischvorgang muss der Aufbruch der bestehenden Schichten durch eine Fräse oder mittels der Stabilisierungsmaschine selbst erfolgen.

Wenn das gefräste Material wieder eingebracht wird, oder im Falle einer Materialergänzung muss beim Ausgleichen dafür gesorgt werden, dass die vorgeschriebene Schichtstärke konstant eingehalten werden kann.

¹ Ungelöschter Kalk wird gemahlen als Pulver oder als Wassersuspension verwendet. In letzterem Fall muss die Suspension zumindest 70% in Gewichtsanteilen Kalkoxyd enthalten.

Nach der Auflockerung ist der Wassergehalt des anstehenden Bodens festzustellen; die Messungen sind mit zeitsparenden Verfahren an verschiedenen Standorten und in verschiedenen Tiefen durchzuführen.

Als zufriedenstellend können die Werte für den Wassergehalt zwischen dem Optimalwert für das Gemisch W_{opt} und $W_{\text{opt}}+2\%$ betrachtet werden. Bei übermäßigem Wassergehalt wird, im Einvernehmen mit dem Bauleiter, der Boden erneut zur Belüftung durchgefräst, oder bei zu großer Trockenheit bewässert.

Wenn die optimale Feuchte erreicht ist, bzw. die Abweichung im zulässigen Bereich liegt, wird der Zement in der, im Mischgutansatz vorgegebenen Menge mit Einsatz von Verteilermaschinen, mit von der Fahrgeschwindigkeit abhängiger Dosiervorrichtung, ausgestreut.

Die Vermischung hat mittels Pulvimixer in einem oder zwei Durchgängen zu erfolgen.

Mit der gleichen Prozedur wie beim Zement wird der Kalk in der vorgeschriebenen Menge, bzw. mit den vom Bauleiter angeordneten Abänderungen, gestreut, sofern die Plastizität des Materials eine derartige Vorbehandlung erforderlich macht. Nach der Vermischung des Kalkes mittels Pulvimixer in einem oder zwei Durchgängen erfolgt das Ausbringen und Vermischen des Zementes. Nach der Vermischung des Zementes, muss mittels Graeder die Schicht ausgeglichen werden. Die anschließende Verdichtungsarbeiten müssen zuerst durch eine, mit Kompaktometer ausgestattete Vibrationswalze mit Gewicht über 120 kN und dann mit einer mind. 160 kN schwere Gummiradwalze erfolgen, bis 98% der im Labor ermittelten Standard Proctordichte (UNI EN 13286-2) erreicht wird. Das Bindemittel in Form von Zement und eventuell Kalken darf höchstens auf einer, innerhalb eines Tages zu verbessernder Fläche verteilt werden. Die Bindemittelverteilung ist bei Wind einzustellen, wenn, trotz Ausstattung mit Atemschutz, die Gesundheit des Personals und eine genaue Dosierung nicht mehr gewährleistet werden können.

Aufgrund der angewendeten Arbeitsverfahren entstehen Längs- und Quernähte an den Übergängen. Die bei der Verbesserung von nebeneinander liegenden Bahnen entstehenden Übergänge müssen um mindestens 15 cm überlappt sein. Entlang der senkrecht zur Straßenachse verlaufenden Quernähte, ist das verdichtete Gemisch in den Bereichen, wo der Kalk – und Zementgehalt, die Dicke oder die Verdichtung unzulänglich oder ungleichmäßig sind, abzutragen. Die Übergänge sind zu Beginn des folgenden Arbeitstages am abgeordneten Boden auszubilden; die Stirnseiten sind senkrecht zu beschneiden, um die Rissbildung zu vermeiden.

Die Arbeiten dürfen in der Regel, bei Außentemperaturen unter 5°C und über 25°C, bzw. bei Regen nicht durchgeführt werden. Bei Temperaturen zwischen 25°C und 30°C kann man fortfahren, unter der Bedingung, dass unmittelbar nach Mischung und Verdichtung die bituminöse Schutzschicht aufgebracht wird.

Die Idealtemperatur liegt zwischen 15°C und 18°C und die ideale relative Luftfeuchtigkeit bei 50% ca. Die Durchführung der Arbeiten ist auch bei höheren Temperaturen zulässig, wenn auch die relative Luftfeuchtigkeit entsprechend höher ist. Bei Temperaturen unter dem Mittelwert soll darauf geachtet werden, dass die relative Luftfeuchtigkeit nicht unter 15% liegt, da auch dies eine zu starke Verdunstung verursachen würde.

Durch ungünstige Witterungsverhältnisse oder aus anderen Gründen mangelhafte Schichten, müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig, wenn der Fehler nur vereinzelt vorkommt.

Wird eine größere Abweichung von der Profilierung laut Projekt festgestellt, darf der Mangel nicht durch Auffüllen und anschließendes Walzen kleiner Materialmengen "korrigiert" werden, sondern die Dicke der darüber liegenden Schicht (Straßenkörper) muss auf Kosten des Auftragnehmers erhöht werden. Andererseits ist es möglich, "nicht konforme" fertige Oberflächen aufgrund von "Übermaß" (Abmessungen der fertigen Oberfläche, die höher sind als die vorgesehenen Profile) durch Reprofilierung mit einer Nivellier- oder Fräsmaschine zu korrigieren.

Nach Abschluss der Verdichtungs- und Profilierungsarbeiten muss das behandelte Material durch Aufsprühen einer langsam abbindenden, überstabilisierten Bitumenemulsion (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C60 B10) mit einer Dosierung von 1,0 - 1,5 kg/m², je nach Oberflächenporosität und Absorptionsvermögen des oberen Teils der behandelten Schicht, geschützt werden. Die Emulsion muss mit Sand oder Splitt abgedeckt werden, um zu verhindern, dass sie von Baustellenfahrzeugen abgetragen wird. Die Schutzschicht aus Bitumenemulsion kann vermieden werden, wenn die behandelte Schicht nach kurzer Zeit von einer darüber liegenden Schicht überdeckt wird. In diesem Fall muss das mit Kalk und Zement behandelte Material während der Zeit bis zu Überdeckung ständig feucht gehalten werden, mit mindestens drei Sprühdurchgängen Wasser pro Tag, bis die überlagernde Schicht realisiert ist.

D) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften der mit Kalk und hydraulische Bindemittel verbesserten Bodenschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen und am Gemisch als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 oder ASDM D 1556-90 gemessen.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d,opt}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \cdot \gamma_{d,opt} - \gamma_s) / 0,98 \cdot \gamma_{d,opt}$$

Werte der Trockendichte weniger als 98% des im Labor, am mit der Standard Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2, DIN 18127) verdichteten Gemisches, gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$, führen dazu, dass der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen hat; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 150 MPa innerhalb der ersten 24 Stunden nach Fertigstellung nicht unterschreiten, 3 Tage nach dem Einbau muss der Wert über 200 MPa liegen und das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit 3 Tage nach dem Einbau, die unter 200 MN/m² liegen, festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(200 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Messwerte für den Verformungsmodul E_{v2} (nach 3 Tage) unter 180 MN/m² oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 (nur bei E_{v2} weniger als 250 MPa) hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Modul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Modul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der gebundenen Bodenschichten wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Der Bauleiter kann, sofern er es als notwendig ansieht, weitere Kontrollmessungen mittels Falling-Weight-Deflectometer – FWD veranlassen. Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung gemessen werden, darf das 85% Perzentil den Wert von 12,0 GPa nicht überschreiten. Von denselben Werten darf das 15% Perzentil 4,0 GPa nicht unterschreiten. Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 85% Perzentil von 12,0 GPa überschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) ein Abzug von 10%.

Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 15% Perzentil von 4,0 GPa unterschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 5 (s + s^2)$$

Wo s die Abweichung zwischen 4 GPa und dem Wert des 15% Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen des gelieferten Mischgutes von dem anhand der Eignungsprüfung vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die Überlagerung der festgestellten Mängel nicht die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche beeinträchtigt.

Tabelle D.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Mineralstoffgemisch vor der Ausbreitung des Bindemittels (Kalk und Zement)	Zu bearbeitender Abschnitt vor der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2.000 m ³ verarbeiteter Boden	Siebanalyse / Korngrößenverteilung nach Projekt
Mineralstoffgemisch vor der Vermischung mit Kalk und mit Zement	Zu bearbeitender Abschnitt nach der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2.000 m ³ verarbeiteter Boden	Menge des ausgebreiteten Kalkes /m ² Menge des ausgebreiteten Zementes /m ²
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 500 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Lagerungsdichte nicht unter 98 % der im Labor gemessenen Standard Proctordichte (UNI EN 13286-2)
Fertige Bodenschicht 3 Tage nach Verfestigung	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Verformungsmodul E_{v2} , mit Plattendruckversuch (Platte zu 300 mm) nach DIN 18134 festgestellt, nicht unter 180 MPa mit $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für stabilisierte (nicht gebundene) Schotterebenen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 50% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Artikel 4

GESTEINSKÖRNUNG FÜR STABILISIERTE SCHOTTERSCHICHTEN

Die Gesteinskörnung besteht aus einem ungebundenen Gemisch aus durch Aufbereitung von natürlichen, künstlichen oder rezyklierten Stoffen gewonnenem Material für das Bauwesen. Die Aufbereitung kann unter Umständen aus der Beigabe und Vermischung mit Gesteinskörnungen anderer Korngruppen bestehen. Im Straßenbau wird die Gesteinskörnung zur Herstellung von Fundamentschichten verwendet.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Gesteinskörnung

1.1) Allgemeines und Herkunft

Die verwendete Gesteinskörnung ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 1242 und EN 1285 angebracht sein.

Die Bezeichnung jeder Korngruppe muss folgende Angaben enthalten:

- Korngröße;
- Art der Mineralstoffe (vorwiegende petrographische Zusammensetzung);
- Standort der Gewinnung und der Lagerung sowie Hersteller;

Die Gesteinskörnung darf aus Bestandteilen unterschiedlicher Herkunft oder petrographischer Zusammensetzung bestehen, sofern für jede Bodenart die Anforderungen nach Tabelle A.1 eingehalten werden.

Ist die Gesteinskörnung der Einwirkung von Frost- und Tauwechsel ausgesetzt, dürfen keine Schichtsilikate und insbesondere Kaolinit, Chlorit, Smektit, Vermikulit, Glimmer oder durch Verwitterung entstandenes Eisenoxydhydrat enthalten sein.

Tabelle A.1

GESTEINSKÖRNUNG					
Kenngößen	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-2	F	%	≤1	F ₁
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	NP	
Gehalt an organischen Stoffen	UNI EN 1744-1		%	≤0,5	
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3		%	abwesend	
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321		%	≤0,1	
Schwellwert			%	Keiner	

In ungebundenen Granulat- und Schottermischungen muss gemäß DM 05.08.2024 – CAM-Straßen - ein Mindestgehalt an wiederverwerteten, recycelten oder als Nebenprodukt anfallenden Materialien von 50 % im Bezug zum Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, vorgesehen werden. Recycelte Materialien aus Bau- oder Abbruchabfällen (C&D-Materialien) können verwendet werden, um dieses Ziel zu erreichen. Der prozentuale Anteil von Bau- und Abbruchmaterialien (C&D-Materialien) kann bis zu 100 % der Mischung betragen.

In ungebundenen Granulat- und Schottermischungen ist die Verwendung von recyceltem Asphalt (Granulat) absolut ausgeschlossen, mit Ausnahme der Höchstmenge von 5 % (Tabelle A2), die in den oben genannten Bau- und Abbruchmaterialien (C&D-Materialien) enthalten sein kann.

Die rezyklierten Gesteinskörnungen können zur Errichtung von Fundamentschichten auch als Mischung mit natürlichen Erden oder Lockermaterialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle A.2 erfüllen.

In Wiederaufbereitungsanlagen dürfen die zu rezyklierenden Stoffe ausschließlich vom Herstellungs- oder vom Abbruchort bezogen werden; streng untersagt ist die Belieferung aus Deponien jeglicher Art.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Tabelle A.2

MISCHUNGEN VON REZYKLIERTEN KÖRNUngen FÜR UNGEBUNDENE FUNDAMENTSCHICHTEN			
Kenngrößen	Norm	Anforderung	Proben Frequenz
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/31,5 mm	1000 m ³
Überkorn	UNI EN 933-1	OC ₇₅	1000 m ³
Feinanteilgehalt max.	UNI EN 933-1	UF ₉	1000 m ³
Feinanteilgehalt min.	UNI EN 933-1	LF ₂	1000 m ³
Korngrößenzusammensetzung	UNI EN 933-1	GA	1000 m ³
Plattigkeitskennzahl von groben Aggregaten	UNI EN 933-3	FI _{3,5}	10.000 m ³
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	SE ₃₀	1000 m ³
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L ≤ 15	2000 m ³
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP ≤ 6%	2000 m ³
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE ₅₀	2000 m ³
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI ₄₀	10.000 m ³
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C _{70/10}	2000 m ³
Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	UNI EN 1097-2	SZ ₃₂	10.000 m ³
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3	abwesend	2000 m ³
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	R _{cug90}	5000 m ³
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	R _{g5-}	1000 m ³
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	R _{a5-}	1000 m ³
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₅	1000 m ³
Anteil an schwimmendem Inertmaterial: Leca (Blähton), Schaumbeton	UNI EN 933-11	FL ₅	1000 m ³
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nicht schwimmendes steiniges Material	UNI EN 933-11	X _{J-}	1000 m ³
Max. Dichte mittels modifiziertem Proctorversuch	UNI EN 933-11	√	2000 m ³
Tragfähigkeit CBR an verdichteten Probenkörpern nach 4 Tagen Wasserlagerung mit einer ±2% optimalen Feuchte bei 95% der optimalen modifizierten Proctordichte	UNI EN 13286-47	≥ 50	20.000 m ³
Schwellwert CBR	UNI EN 13286-47	≤ 1%	20.000 m ³
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	2000 m ³
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321	≤ 0,1	10.000 m ³
⁽¹⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Körnungsgruppen bestimmt			
Das Symbol √ gibt an, dass die Charakteristiken ermittelt aber keine Anforderung entsprechen müssen			
Das Symbol – gibt an, dass die Charakteristik weggelassen werden kann			

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

1.2) Korngröße und Korngrößenverteilung

Die Korngruppen der Mineralstoffe sind mittels unterer und oberer Siebgröße d/D nach UNI EN 13242 zu bezeichnen. Zu verwenden sind der Grundsiebsatz und der Ergänzungssiebsatz +2.

Die Korngrößenverteilung muss den allgemeinen Anforderungen nach UNI EN 13242 für das Grobkorn, das Feinkorn und Gesteinskörnungsgemische entsprechen.

1.3) Geometrische, physikalische und chemische Anforderungen sowie jene an die Dauerhaftigkeit

Die zur Aufbereitung der Gesteinskörnung verwendeten Mineralstoffe müssen den in Tabelle A.1 angeführten Anforderungen entsprechen. Der Besitz besagter Eigenschaften wird anhand entsprechender Kennwerte in der EG-Konformitätserklärung für die Gesteinskörnungen für das letzte halbe Jahr ausgewiesen.

Die Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 3, im DPR Nr. 246/93 (System 2+) nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR ausgestellt.

Die gesamte Dokumentation, beinhaltend die EG-Konformitätserklärung und die Leistungserklärung (DoP), muss mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten dem Bauleiter übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Mischgut

Die Korngruppe des verwendeten Gesteinskörnungsgemischs muss nach UNI EN 933-1 bezeichnet werden; mit dem Größtkorn $D = 31,5$ mm ergibt sich die Bezeichnung 0/31,5. Die Eigenschaften des verwendeten Gemischs müssen den in Tabelle A.3 angeführten Anforderungen entsprechen; die Korngrößenverteilung muss innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.4 liegen. In besonderen Fällen kann für dicke Schichtpakete eine 0/63-Mischung mit einer kontinuierlichen Korngrößenkurve (gleichmäßig verteilt) verwendet werden.

ANFORDERUNGEN AN DAS GEMISCH (UNI EN 13285)					
Kenngrößen	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Korngrößenverteilung	UNI EN 933-1	G	mm	0/31,5	G ₀
Überkorn (Siebdurchgang D)	UNI EN 933-1	OC	%	da 85 a 99	OC ₈₅
Höchstgehalt an feiner Gesteinskörnung	UNI EN 933-1	UF	%	≤ 7	UF ₇
Mindestgehalt an feiner Gesteinskörnung	UNI EN 933-1	LF	%	≥ 2	LF ₂

Der Auftragnehmer kann, als Alternative, Gesteinskörnungsgemische mit einer von der in Tabelle A.3 abweichenden Kategorie der Korngrößenverteilung vorschlagen.

Der Tragfähigkeitskennwert CBR nach UNI EN 13286-47, gemessen nach 4-tägiger Wasserlagerung (gemessen am Material des Siebdurchgang von 25,4 mm), darf den für die Bemessung der Deckschicht angenommenen Wert beziehungsweise den unteren Grenzwert 50 nicht unterschreiten. Diese Bedingungen müssen auch für Abweichungen von ±2% vom optimalen Wassergehalt für die Verdichtung zutreffen.

SIEBLINIENBEREICH 0/31,5 KORNVERTEILUNG		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Sieb	45	100
Sieb	31,5	85-99
Sieb	16	50-78
Sieb	8	31-60
Sieb	4	18-46
Sieb	2	10-35
Sieb	1	6-26
Sieb	0,5	2-20
Sieb	0,063	2-7

Der Bauleiter stellt die Einhaltung der in den Tabelle A.3 und A.4 gestellten Anforderungen anhand der CE-Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP) für die Baustoffe und die Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

B) GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mit einer angemessenen Frist vor Beginn der Arbeiten für jeden Herstellungsstandort geeignete Unterlagen vorlegen, welche zumindest folgende Angaben enthalten müssen:

- Zusammensetzung der zu verwendenden Gesteinskörnung;
- Den CAM-Bericht, in dem die speziellen Entscheidungen und Verfahren beschrieben werden, die die Einhaltung der Kriterien gewährleisten, oder die Gründe für die Beantragung der teilweisen Anwendung oder Nichtanwendung eines oder mehrerer Umweltkriterien;
- EG-Konformitätserklärungen und die Leistungserklärung (DoP);
- Eintragungen aus der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers für das letzte Jahr;
- mit dem modifizierten Proctorversuch bestimmte Verdichtungskurve nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127;
- CBR-Wert für die gesättigten Probekörper.

Der Mischgutansatz des vom Auftragnehmer eingebauten Mischguts muss genau der vom Bauleiter genehmigten Zusammensetzung entsprechen.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter die Bezugsquelle, den Standort und die Bedingungen der Lagerung (mit Angabe der vorgesehenen Schutzvorkehrungen gegen anfallendes Wasser und Verschmutzung), die geplanten Verarbeitungsverfahren sowie Art und Leistungsfähigkeit der zu verwendenden Einrichtungen schriftlich mitteilen.

C) EINBAU DER GESTEINSKÖRNUNG

Das Planum der Unterlage für die einzubauende Schicht muss genau nach Zeichnung profiliert sein, die erforderliche Tragfähigkeit aufweisen und frei von Fremdstoffen oder Verschmutzungen sein. Das Schüttgut ist in höchstens 30 cm und zumindest 10 cm dicken Schichten einzubauen; nach der Verdichtung muss die Oberfläche gleichmäßig vermischt und ohne Kiesnester erscheinen. Wasser ist mit eigenen Sprühgeräten beizugeben, bis der Wassergehalt den für die Verdichtung günstigsten Wert erreicht. Zum Einbau sind eigens ausgestattete Straßenfertiger oder Straßenhobel (Grader) einzusetzen. Die durchschnittliche Dicke muss, wie vorgeschrieben sein, mit einer Toleranz von plus oder minus 5 %, vorausgesetzt, dass diese Abweichung nur gelegentlich auftritt.

Alle genannten Arbeitsgänge müssen eingestellt werden, wenn durch Witterungseinflüsse (Niederschläge, Frost) die Eigenschaften der verdichteten Schichten beeinträchtigt werden können.

Mangelhafte sowie durch Wasserandrang oder durch Witterungseinflüsse beeinträchtigte Schichten müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

Die zur Verdichtung vorbereitete Schicht muss gleichförmig die vorgeschriebene Korngrößenverteilung aufweisen. Zur Verdichtung sind fahrbare Vibrationswalzen, Gummiradwalzen oder Tandemwalzen einzusetzen. Auf jeder Baustelle ist die Eignung der Verdichtungsgeräte und –verfahren in Anwesenheit des Bauleiters vor Beginn der Arbeiten mit Feldversuchen an dem, für die betreffende Baustelle gewählte Gesteinskörnungsgemisch zu überprüfen.

Die eingebaute Schicht ist so lange zu verdichten, bis folgende Verdichtungskennwerte gemessen werden:

- eine **Trockendichte** nach DIN 18125 nicht unter 98% des mit der Standard Proctor- Verdichtung nach UNI EN 13286-2 erhaltenen Höchstwertes;
- ein mit den Verfahren nach DIN 18134 erhaltener **Verformungsmodul** E_{v2} nicht unter 180 MPa und ein **Verhältnis** E_{v2}/E_{v1} unter 2,15. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis von E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Das fertige Planum muss genau nach Zeichnung profiliert werden; in fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in zueinander rechtwinkligen Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig.

Das Planum wird mit topographischen Verfahren überprüft; die Messpunkte werden in Längsrichtung im Abstand von höchstens 20 m in Straßenabschnitten mit konstant gekrümmtem Achsverlauf und von 5 m bei un stetig gekrümmtem Verlauf gemessen. An den Messpunkten für die Höhenlage ist auch das Querprofil mit je zwei Punkten auf beiden Seiten der Straßenachse aufzumessen.

Eventuelle "Nichtkonformitäten" aufgrund von "Mängeln" (Fehlen vom Material) an den fertigen Schichtoberflächen, die über die vorgegebenen Toleranzen hinausgehen, können nicht durch Auffüllen und anschließendes Walzen von kleinen Materialmengen (weniger als 10 cm dick) korrigiert werden, sondern die nicht konforme Schicht muss vorher entfestigt (umgraben) und dann mit genügend Material ergänzt und erneut verdichtet werden. Es ist dagegen möglich, "Nichtkonformitäten" an den fertigen Schichtoberflächen aufgrund von "Übermaß" (Bereiche der fertigen Oberfläche, die höher sind als die geforderten Profile) durch Abtragen von Material zu korrigieren, sofern es mit den im Projekt vorgesehenen Schichthöhen und der Profilierung des Planums kompatibel ist.

D) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften und des fachgerechten Einbaus der Gesteinskörnung für ungebundene Fundamentschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen, am beim Einbau entnommenen Gemisch als auch Feldversuche an der fertigen Schicht durchzuführen. Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Eignung der Gesteinskörnung nach Absatz A wird vor Beginn der Arbeiten und bei jeder Änderung des Gewinnungsstandortes der Stoffe durchgeführt. Alle 2 Monate hat der Auftragnehmer dem Bauleiter die Unterlagen zur werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers zu übermitteln. Im selben Zeitabstand kann der Bauleiter die Wiederholung der Eignungsprüfungen verlangen.

Im Zuge der Eignungsprüfungen ist die Korngrößenverteilung des Gesteinskörnungsgemischs täglich an auf der Baustelle, unmittelbar vor der Verdichtung entnommenen Probekörpern des Gemischs, zu prüfen. Bezogen auf die bei der Qualifizierung vorgegebenen Werte, sind bei der Korngrößenverteilung Abweichungen bei den einzelnen Korngruppen von $\pm 5\%$ beim Grobkorn und von $\pm 2\%$ beim Feinkorn zulässig. Von den im vorgegebenen Sieblinienbereich enthaltenen Grenzwerten darf nicht abgewichen werden. Der Sandäquivalent-Wert ist mindestens alle 3 Arbeitstage zu prüfen.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der Standard Proctor-Verdichtung (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d, \max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 gemessen. Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d, \text{opt}}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{d, \text{opt}} - \gamma_d) / 0,98 \gamma_{d, \text{opt}}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 98% vom, im Labor am mit dem Standard Proctor (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch gemessenen Bezugswert $\gamma_{d, \max}$ ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird vor dem Einbau der darüber liegenden Straßendecken nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFDW durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 180 MPa nicht unterschreiten; das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit unter dem Sollwert festgestellt, wird auf dem gesamten Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(180 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Messwerte für den Verformungsmodul E_{v2} unter 120 MPa oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 (nur bei E_{v2} weniger als 250 MPa) hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen. Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlussprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der eingebauten Gesteinskörnung wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Tabelle D.1			
MATERIALPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Körnung natürlich oder rezykliert	Aufbereitungsanlage	Baubeginn, dann halbjährlich	Bezug Tabelle A.1
Körnung rezykliert	Aufbereitungsanlage	Baubeginn, dann halbjährlich	Bezug Tabelle A.2
Gemisch	Fertige Schicht	Täglich oder jede 1.000 m ³ Einbau	Bezug Tabelle A.3 und A.4
Planum	Fertige Schicht	Alle 20 m bzw. jede 5 m	Planum nach Zeichnung
Fertige Schicht (Trockendichte)	Fertige Schicht	Täglich oder jede 5.000 m ³ Einbau	98% des Bezugswert gemäß Mischgutansatz
Fertige Schicht (Tragfähigkeit-Verformungsmodul)	Fertige Schicht oder Straßendecke	Jede 1.000 m ² Einbaubahn	$E_{v2} \geq 180 \text{ MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für zementgebundene Schichten einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 50% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Artikel 5 ZEMENTGEBUNDENE SCHICHTEN

Diese gebundene Schicht besteht aus einem Gemisch aus Mineralstoffen (Gesteinskörnung) und rezyklierten Aggregaten denen Zement als hydraulisches Bindemittel beigegeben wird. Das Gemisch muss nach einer angemessenen Abbindezeit eine dauerhafte mechanische Festigkeit aufweisen, welche weder durch Wasserandrang noch durch Frost beeinträchtigt wird.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Gesteinskörnung

1.1) Natürliche Gesteinskörnungen

Die Gesteinskörnungen bilden gänzlich oder in Teilen die festen Bestandteile der gebundenen Schicht. Sie bestehen aus einem Gemenge von groben und feinen Komponenten aus der Verarbeitung von natürlichen Materialien wie Stein, gerundete und scharfkantige Aggregate/Körnungen). Die verwendeten Gesteinskörnungen sind gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE - Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein. Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 1 nach UNI EN 13242 bezeichnet.

Das Korngemisch darf aus der Kombination verschiedener Kornklassen oder einer Klasse mit einheitlicher Fraktion erhalten werden, sofern die Anforderungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

NATÜRLICHE GESTEINSKÖRNUNG					
Kenngrößen	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13242
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Siebdurchgang bei 0,063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Kornformkennzahl	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Methylenblau ⁽¹⁾	UNI EN 933-9	MB	-	≤10	MB ₁₀
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Widerstand gegen Schlagzertrümmerung	CNR 34/UNI EN 1097-2	SZ	%	≤32	SZ ₃₂
Magnesiumsulfatfest	UNI EN 1367-2	MS	%	≤25	MS ₂₅
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽²⁾	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	N.P.	
Gehalt an organischen Stoffen	UNI EN 1744-1 15.1		%	≤0,5	
Wasserlösliche Bestandteile	UNI EN 1744-3		%	abwesend	
Dehnungsbeiwert unter Frosteinwirkung	SN 670 321		%	≤0,1	
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Schwellwert			%	Keiner	

⁽¹⁾ nur auszuführen, wenn Sandäquivalent SE ≤50

⁽²⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Kornfraktionen bestimmt

Ist die Gesteinskörnung der Einwirkung von Frost- und Tauwechsel ausgesetzt, dürfen keine Schichtsilikate und insbesondere Kaolinit, Chlorit, Vermikulit, Glimmer oder durch Verwitterung entstandenes Eisenoxydhydrat enthalten sein. Der Bauleiter stellt die Einhaltung der in den Tabelle A.1 gestellten Anforderungen anhand der EG-Konformitätserklärung und Leistungserklärung (DoP) für die Baustoffe und die Eintragungen der CE-Kennzeichnung und der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers fest; letztere müssen dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten übergeben werden.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der EG-Konformitätserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

1.2) Rezyklierte Gesteinskörnungen vom Typ C&D

Gemäß dem Ministerialdekret vom 05.08.2024 – CAM-Straßen - muss bei der Herstellung von zementgebundenen Mischungen ein Mindestgehalt an wiederverwerteten, recycelten oder als Nebenprodukt anfallenden Materialien von 50 % des Gewichts des Endprodukts, trocken auf trocken, vorgesehen werden. Um dieses Ziel zu erreichen, können vorzugsweise recycelte Materialien aus Bau- oder Abbruchrückständen (C&D-Materialien) als Ergänzung oder als Alternative zu den natürlichen Gesteinskörnungen bis zu 100% verwendet werden, sofern sie die Anforderungen nach UNI 11531-1 und Tabelle A.2 erfüllen.

In Anbetracht der verschiedenen Herkunft, durch welche unterschiedliche Eigenschaften bei der Verarbeitung folgen können, müssen die rezyklierten Materialien als homogene Bereiche nach Bauproduktverordnung 305/2011/CPR und Leistungserklärung (DoP) qualifiziert sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Die Aufbereitungsanlagen für Recyclingmaterial müssen gewährleisten, dass das zu rezyklierende Material ausschließlich vom Ort der Gewinnung bzw. des Abbruchs stammt, und es ist strengstens verboten das Material aus einer Deponie jeglichen Typs zu beziehen.

Die rezyklierten Abbruchmaterialien aus Bauarbeiten müssen die Anforderungen nach Beschluss der Landesregierung vom 27.09.2016 Nr. 1030 "Bestimmungen zur Wiederverwertung von Baurestmassen und zur Qualität von Recycling-Baustoffen" erfüllen.

Tabelle A.2

RECYCLIERTE KÖRNUngen			
Kenngößen	Normen	Anforderungen	Proben Frequenz
Bestimmung des Mischgutes	UNI EN 13285	0/31,5 mm	
Qualität des Feinanteils	UNI EN 933-9	MB ₂	1.000 m ³
Qualität des Feinanteils (Sandäquivalent)	UNI EN 933-8	SE ₅₀	1.000 m ³
Widerstand gegen Zertrümmerung	CNR 34/UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³
Anteil an wasserlöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1.000 m ³
Anteil an säurelöslichem Sulfat	UNI EN 1744-1	AS _{0,8}	1.000 m ³
Schwefelgehalt	UNI EN 1744-1	S ₁	1.000 m ³
Komponenten die das Abbindeverhalten verändern	UNI EN 1744-1	abwesend	1.000 m ³
Komponenten welche die Stabilität des Recyclingvolumens verändern	UNI EN 1744-1	V ₅	1.000 m ³
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP≤10	1.000 m ³
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	1.000 m ³
Anteil an Fragmenten von Zementstücken, Beton und Mörtel, natürliche Gesteinsbruchstücke auch aus Mauerwerken, Abraum von Steinbrüchen oder Gestein von Bauwerken, hydraulisch gebundenes Material, Glas.	UNI EN 933-11	Rcug ₉₀	1.000 m ³
Gehalt an Glas	UNI EN 933-11	Rg5-	1.000 m ³
Gehalt an bituminösem Material	UNI EN 933-11	Ra30-	1.000 m ³
Gehalt an schwimmendem Material: Papier, Holz, Textilien, Zellulose, Nahrungsmittelreste, Polystyrol, organische Substanzen außer Bitumen.	UNI EN 933-11	FL ₅	1.000 m ³
Gehalt an Boden, Metallen, nicht schwimmendes Holz, Plastik, Gummi, Gips, Gipskarton und anderes nicht schwimmendes steiniges Materialien	UNI EN 933-11	X ₁	1.000 m ³
⁽¹⁾ Die Frost-Tau-Wechsel Prüfung wird an allen Körnungsgruppen bestimmt			

1.3) Recycliertes bituminöses Mischgut (Fräsgut)

Für die Anwendung dieser Technischen Normen gelten die folgenden Definitionen.

Asphaltgranulat: Straßenbelag, der durch Kaltfräsen abgetragen wird.

Altasphalt/Recyclingasphalt (RA): bituminöses Mischgut, das beim Abbruch von Straßenbelägen durch Kaltfräsen (Fräsasphalt) oder mit anderen Baumaschinen an Ort und Stelle gewonnen wird, aufbereitet, verarbeitet und für die Verwendung als Bestandteil von bituminösem Mischgut bereitgestellt wird.

Granulat aus bituminösem Mischgut: bituminöses Mischgut, das nach einem oder mehreren Verwertungsverfahren gemäß Artikel 184 -ter, Absatz 1 des Gesetzesdekrets Nr. 152 vom 3. April 2006 und in Übereinstimmung mit den Bestimmungen des Ministerialdekrets Nr. 69 vom 28. März, Verordnung über die Beendigung der Abfalleigenschaft von bituminösem Konglomerat, nicht mehr als Abfall gilt.

Das zu verarbeitende Material muss vorab auf die Konformität mit der Norm UNI EN 13108-8 überprüft sein. Vor der Verwendung muss das Material zerkleinert und gesiebt werden um mögliche Verunreinigungen wie Klumpen, Krusten, usw. mit Abmessungen größer als D_{max} der Mischung zu beseitigen.

Der Anteil in Gewichtsprozent des zerkleinerten bituminösen Mischgutes darf zusammen mit den Anteilen, die eventuell im vorher beschriebenen Rezyklingmaterial mit enthalten sind, bezogen auf das gesamte Aggregatgemisch, maximal 30% betragen. In speziellen Ausnahmefällen und mit Einverständnis der Bauleitung können auch bis zu maximal 40% zerkleinertes bituminöses Mischgut, bezogen auf das Gesamtgewicht der Mischung, beigelegt werden.

Der Prozentanteil des zu verwendenden Asphaltgranulates, das aus jeglicher Herkunft stammen kann, muss zwingend in der verpflichtenden Vorstudie für die Mischung angegeben und der Bauleitung präsentiert werden.

1.4) Recycling von Gesteinskörnungen anderen Typus

Bei der Herstellung von zementgebundenen Schichten können neben recycelten Baustoffen (C&D Materialien) und bituminösem Asphaltgranulat auch andere recycelte Materialien verwendet werden, sofern sie der Norm UNI 13242 entsprechen und die geltenden Umweltvorschriften erfüllen.

Der in den CAM-Straßen geforderte Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt verwendetem Material ist als Summe der Gehalte der einzelnen verwendeten Materialarten und Fraktionen zu verstehen.

Der Auftragnehmer beschreibt in seinem CAM-Bericht, der der Bauleitung vorzulegen ist, die Entscheidungen und Verfahren, die eine Einhaltung der CAM-Kriterien gewährleisten, und gibt die Anforderungen an die Materialien und Bauprodukte an, die er zu verwenden beabsichtigt.

2) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 197-1 und/oder UNI EN 197-4, UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein.

Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme, vorzugsweise der neuen Generation mit recycelten Bestandteilen und geringerer Umweltbelastung in der Produktionsphase, zu verwenden. Die Bauleitung kann auf begründeten Antrag des Unternehmers die Verwendung anderer Zemente zulassen.

3) Wasser

Das Wasser darf keine schädlichen Verunreinigungen, Öle, Säuren, Laugen, organische Stoffe, Verschmutzung durch Ton oder Schluff sowie sonstige schädliche Stoffe enthalten. In Zweifelsfällen wird der Bauleiter die Eignung des Wassers nach UNI EN 1008 prüfen lassen.

Der Wassergehalt des Gemischs wird aufgrund einer Voruntersuchung im Labor wie vorgesehen gemäß UNI EN 13286-2 (Test methods for the determination of the laboratory reference density and water content – Proctor compaction) festgelegt.

4) Zusatzstoffe

Betonzusatzstoffe sind fein gemahlene anorganische Stoffe, die dem Beton beigegeben werden, um Eigenschaften gezielt zu verbessern oder zu erreichen.

Die Beigabe von **Flugasche** nach UNI EN 450 ist sowohl zur Ergänzung des Feinkorns als auch als Zementersatz zulässig. Der Gewichtsanteil der als Zementersatz beizugebenden Flugasche wird zur Gewährleistung gleichbleibender mechanischer Eigenschaften anhand von Laborversuchen im Verlauf der Untersuchungen zur Festlegung des Gemischs festgelegt; ein Anteil von mehr als 40% am Zementgewicht ist unzulässig.

Die Zugabe von **Kalziumhydroxid oder Kalziumoxid** verbessert die Verarbeitbarkeit und die Eigenschaften der Mischung. Daher ist eine Beigabe von bis zu 2% im Gewichtsanteil der feuchten Mischung zu empfehlen.

5) Mischgut

Die Korngrößenverteilung des für die Herstellung gebundener Bodenschichten zu verwendenden Mineralstoffgemischs (Gesteinskörnungsgemisch) muss innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.3 liegen.

Tabelle A.3

ZEMENTGEBUNDENE SCHICHT – KÖRNUNGSVERTEILUNG		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Sieb	40	100
Sieb	31,5	90 – 100
Sieb	22,4	81 – 88
Sieb	16	60 – 80
Sieb	11,2	49 – 70
Sieb	8	40 – 55
Sieb	5,6	31 – 46
Sieb	4	26 – 40
Sieb	2	17 – 30
Sieb	1	12 – 22
Sieb	0,5	6 – 15
Sieb	0,25	4 – 10
Sieb	0,125	2 – 6
Sieb	0,063	2 – 5

Der Zementgehalt, die beigegebene Flugasche und der Wassergehalt des Mischguts werden als Gewichtsanteile in % des Gesamtgewichts angegeben. Die Anteile werden anhand einer Untersuchung mit Verfahren und Versuchen gemäß UNI EN 14277-1 festgelegt. Abweichend kann die Festigkeit der Stoffe durch die im offizielle Mitteilungsblatt CNR N. 29 beschriebenen Verfahren festgestellt werden.

Die geeigneten Mischungen müssen die Anforderungen gemäß Tabelle A.4 erfüllen.

Tabelle A.4

ZEMENTGEBUNDENES MISCHGRANULAT					
	Prüfmethode	Symbol	Maßeinheit	Sollwert	Widerstandsklassen
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-41	R_c	MPa	$2,5 \geq R_c \leq 5$	$C_{3/4} - C_{5/6}$
Indirekte Zugfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-42	R_t	MPa	$\geq 0,25$	
Steifigkeitsmodul nach 28 Tagen – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	3,0 – 8,0	Kategorie T2 – T4
(*) Prüfkörper mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellt					

In Sonderfällen kann der Bauleiter Druckfestigkeitswerte bis zu $7,5 \text{ N/mm}^2$ zulassen.

Können die hydraulisch gebundenen Bodenschichten aufgrund örtlicher Begebenheiten der Einwirkung von Frost-Tau-Wechseln ausgesetzt sein, kann die Bauleitung verlangen, dass das Gemisch den Anforderungen nach Norm SN 640 59a entspricht.

B) GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten geeignete Unterlagen als Beleg für die Eignung des von ihm vorgeschlagenen Mischgutansatzes vorlegen. Die Unterlagen müssen zumindest folgende Angaben enthalten:

- EG-Konformitätserklärung für die verwendeten Korngruppen der Gesteinskörnung;
- Prüfbescheide für die weiteren Anforderungen nach Tabellen A.1 und A.2;
- Korngrößenverteilung des vorgeschlagenen Gesteinskörnungsgemisch;
- Zusammensetzung der Mischgutansätze (Wasser, Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel, Zusatzstoffe);
- Prüfergebnisse für die mechanischen Eigenschaften;
- Den CAM-Bericht, in dem die speziellen Entscheidungen und Verfahren beschrieben werden, die die Einhaltung der Kriterien gewährleisten, oder die Gründe für die Beantragung der teilweisen Anwendung oder Nichtanwendung eines oder mehrerer Umweltkriterien;

Der Bauleiter kann zusätzlich den Nachweis für die in den EG-Konformitätserklärungen angegebenen Eigenschaften durch im letzten Jahr an einer amtlichen o genehmigten Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 ausgestellten Prüfbescheide verlangen.

Der Mischgutansatz des vom Auftragnehmer eingebauten Mischguts muss genau der vom Bauleiter genehmigten Zusammensetzung entsprechen.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter die Bezugsquelle, den Standort und die Bedingungen der Lagerung (mit Angabe der vorgesehenen Schutzvorkehrungen gegen anfallendes Wasser und Verschmutzung), die geplanten Verarbeitungsverfahren sowie Art und Leistungsfähigkeit der zu verwendenden Einrichtungen und Geräte mitzuteilen.

Die für die Genehmigung des Mischgutansatzes vorgelegten Unterlagen sind bei Änderung des Gewinnungsstandortes oder der petrographischen Zusammensetzung der Gesteinskörnung erneut beizubringen. Alle 2 Monate hat der Unternehmer dem Bauleiter die Unterlagen über die werkseigene Produktionskontrolle für die verwendeten Kornstufen der Gesteinskörnung zu übermitteln. In denselben Zeitabständen kann der Bauleiter die Wiederholung der an einer amtlichen genehmigten Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 durchgeführten Prüfungen verlangen.

C) AUFBEREITUNG DES GEMISCHES

Das Mischgut für mit Zement gebundene Schichten muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm, Ton oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen. Zemente unterschiedlicher Art, Festigkeitsklasse oder Herstellung dürfen nicht gemischt werden. Der Zement und die Zusatzstoffe oder –mittel müssen entsprechend gegen Niederschlag oder Verschmutzung geschützt werden.

Der Herstellungsprozess muss konform mit dem Anhang B der Normen UNI EN 14227-1 (Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali) und UNI EN 14227-5 (Miscele legate con legante idraulico per strade) sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Das Mischgut darf auf die fertige Unterlage erst eingebracht werden, nachdem die Bauleitung dessen Übereinstimmung mit den gestellten Anforderungen geprüft hat. Vorhandene Vertiefungen, Wellen oder Spurrinnen in der Unterlage müssen vor dem Einbau ausgebessert werden. Vor dem Einbau muss der Feuchtigkeitsgrad der Unterlage überprüft werden; bei Bedarf ist die Oberfläche zu befeuchten, wobei jedoch die Aufweichung oder Schlamm Bildung zu vermeiden sind.

E) EINBAU DES MISCHGUTS

Das Gemisch wird auf die fertige Oberfläche der darunter liegenden Schicht aufgetragen, nachdem die Bauleitung kontrolliert hat, dass diese den im Projekt angegebenen Anforderungen an Höhe, Form und Tragfähigkeit entspricht.

Außerdem ist zu prüfen, ob die Auflagefläche ausreichend feucht ist, und sie ist gegebenenfalls anzufeuchten. Dabei ist die Bildung einer schlammigen Oberfläche zu vermeiden.

Zum Einbau sind Straßenfertiger einzusetzen. Die Verdichtung muss spätestens 60 Minuten nach dem Zeitpunkt der Wasserbeigabe zum Gemisch einsetzen. Das Gemisch muss in Lagen mit einer Dicke von nicht größer als 30 cm ausgebracht werden.

Die für die Verdichtung der gebundenen Bodenschichten angewendeten Verfahren und eingesetzten Geräte sind so zu wählen, dass Verdichtungsgrad und Eigenschaften den gestellten Anforderungen entsprechen. Das Mischgut darf nicht bei Temperaturen unter 5°C und keinesfalls bei Regen eingebaut werden.

Wenn die Witterungsbedingungen (Temperatur, Sonnenbestrahlung, Wind) eine starke Entfeuchtung herbeiführen können, ist das Gemisch sowohl bei der Anlieferung als auch während des Einbaus ausreichend zu schützen.

Zur Gewährleistung eines einwandfreien Verbunds dürfen grundsätzlich höchstens zwei Stunden zwischen dem Einbau nebeneinander liegender Bahnen verstreichen.

Besondere Maßnahmen sind bei der Ausbildung der Längsnähte zu treffen. Die Stirnseiten der hydraulisch gebundenen Schichten sind einzuschalen; die Schalung ist beim Einbau der angrenzenden Bahn zu beseitigen. Sollen die Schalungen nicht verwendet werden, ist vor dem Einbau der angrenzenden Schicht der Rand gerade zu beschneiden und eine einwandfrei senkrechte Stirnfläche auszubilden. Nähte dürfen ausschließlich entlang der Arbeitsfugen ausgebildet werden.

Das fertige Planum muss genau nach Zeichnung profiliert werden; in fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in zueinander rechtwinkligen Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig. Wird eine größere Abweichung vom Bemessungsmaß des Projektes festgestellt, ist es nicht zulässig, den Mangel durch Auffüllen und anschließendes Walzen kleiner Mengen zementiert gebundenen Gemisches zu "korrigieren". Je nach Größe der Abweichung kann die Dicke der darüber liegenden Asphalttragschicht auf Kosten des Auftragnehmers erhöht werden (kleine Abweichungen), oder die hydraulisch gebundene Schicht kann auf Kosten des Auftragnehmers abgetragen und neu aufgebaut werden (große Abweichungen).

Es ist aber möglich, "nicht konforme" fertige Oberflächen aufgrund von "Übermaß" (Abmessungen der fertigen Oberfläche, die höher sind als die vorgesehenen) durch Reprofilierung mit einer Fräsmaschine zu korrigieren.

F) OBERFLÄCHENSCHUTZ FÜR DIE EINGEBAUTEN SCHICHTEN

Unverzüglich nach der Verdichtung und der Nachbehandlung der eingebauten Schicht muss die Oberfläche, je nach Oberflächenporosität und Saugfähigkeit der Oberflächenschicht, mit 1,0 -1,5 kg/m² einer langsam abbindenden, überstabilisierten Bitumenemulsion (nach UNI EN 13808: C60B10) beschichtet und so geschützt werden. Die Oberfläche muss anschließend mit Sand oder Splitt bestreut werden, um ein Abtransportieren der Bitumenschicht durch die Baustellenfahrzeuge zu verhindern. Die Körner und Bestandteile, welche nicht gut an der Bitumenemulsion haften, müssen später mit Hilfe eines Kehrfahrzeuges entfernt werden bevor der Heiasphalt aufgetragen wird.

Die schützende Bitumenschicht muss nicht aufgetragen werden, wenn die anschließende Asphalttschicht in Form von Kaltasphalt aufgetragen wird und die Verlegung des (darüber liegenden) Mischguts innerhalb von 24 Stunden nach Abschluss der Verdichtung der hydraulisch gebundenen Schicht erfolgt. In diesem Fall muss die Oberfläche der hydraulisch gebundenen Schicht aber bis zum Asphaltieren feucht gehalten werden. Zu diesem Zweck muss die hydraulische Schicht mindestens dreimal am Tag mit Wasser besprüht werden. Die hydraulisch gebundene Schicht darf am dritten Tag nach dem Einbau und ausschließlich durch Gummi bereifte Baufahrzeuge befahren werden, wenn die hierzu erforderliche Festigkeit der hydraulischen Schicht belegt ist. Frühere Öffnungen zur Befahrung werden von der Bauleitung nur zugelassen, wenn die erforderliche Festigkeit der Mischung erreicht und nachgewiesen ist.

Mangelhafte sowie durch Witterung oder sonstige Faktoren beeinträchtigte zementgebundenen Schichten müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

G) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften und des fachgerechten Einbaus des Mischgutes für hydraulisch gebundene Schichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen, am nicht abge bundenen, beim Einbau entnommenen Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle G.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Probekörper des nicht abgeordneten, hydraulisch gebundenen Bodengemischs werden in Anwesenheit des Bauleiters und des Unternehmers beim Einbau entnommen. An den Probekörpern werden der Zementgehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung geprüft, sowie die Druckfestigkeit und die Indirekte Zugfestigkeit. Die Druckfestigkeit muss anhand von Prüfungen an mindestens 4 Probekörpern einer Probenentnahme gemittelt werden, und diese Probekörper müssen nach Vorgaben der UNI EN 13286-41 entnommen und hergestellt sein. Genauso muss die indirekte Spaltzugfestigkeit als Mittelwert von Messungen an mindestens 4 Probekörpern nach Vorgaben der UNI EN 13286-42 ermittelt werden.

Die erhaltenen Messwerte müssen den, vor Beginn der Arbeiten erklärten Sollwerten entsprechen.

An den fertigen hydraulisch gebundenen Bodenschichten werden die Dicke, die Lagerungsdichte und die Tragfähigkeit gemessen.

Die **Schichtdicke** wird für jeden homogenen Einbauabschnitt ermittelt; der Messwert ergibt sich als Mittel aus den vier, an allen in der zementgebundenen Schicht entnommenen Bohrkernen ermittelten Messergebnissen, wobei alle Werte, die den Sollwert um 5% übersteigen, mit dem 1,05-fachen Wert des Sollwerts anzusetzen sind.

Für unter dem Sollwert liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die zementgebundene Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,1 s^2$$

wo s die Abweichung in % vom Sollwert ist.

Ist die Abweichung größer als 20, beziehungsweise liegt der Messwert um mehr als 20% unter dem Sollwert, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die zementgebundene Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Nach der Verdichtung darf die **Lagerungsdichte** nach DIN 18125 von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, im Labor ermittelten Bezugswert der Standard Proctordichte nach UNI EN 13286-2 oder DIN 18127, für das vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagene Gemisch laut Mischgutansatz, nicht um mehr als 98% unterschreiten.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die zementgebundene Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Lagerungsdichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d \text{ opt}}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{d \text{ opt}} - \gamma_d) / 0,98 \gamma_{d \text{ opt}}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 95% vom Bezugswert ab, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die zementgebundene Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden. Der Verformungsmodul E_{v2} darf innerhalb von 24 Stunden ab Einbau den Wert 160 MPa und innerhalb von 3 Tagen ab Einbau den Wert von 200 MPa nicht unterschreiten. Das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Wird festgestellt, dass innerhalb von 24 Stunden die Tragfähigkeit den Sollwert von $E_{v2} \geq 180$ MPa erreicht hat, kann von weiteren Prüfungen nach 3 Tagen abgesehen werden.

Bei mittleren Werten des, mittels Plattendruckversuch innerhalb von 3 Tagen nach dem Einbau ermittelten Verformungsmoduls E_{v2} unter 200 MPa wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die zementgebundene Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [p/2,5]^2$$

wo p die Differenz zwischen dem nach 3 Tagen gemessenen E_{v2} und dem Sollwert 200 MPa ist.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlussprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Verformungsmodul E_{vd} und dem mit statischen

Prüfverfahren gewonnenen Verformungsmodul E_{v2} hergestellt. Die gebundenen Bodenschichten werden aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Liegen die Messwerte für den Verformungsmodul E_{v2} nach 3 Tagen unter 160 MPa oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 (nur bei E_{v2} weniger als 250 MPa) hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die zementgebundene Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der Bauleiter kann, sofern er es als notwendig ansieht, weitere Kontrollmessungen mittels Falling-Weight-Deflectometer – FWD veranlassen. Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung gemessen werden, darf das 85% Perzentil den Wert von 12,0 GPa nicht überschreiten. Von denselben Werten darf das 15% Perzentil 4,0 GPa nicht unterschreiten. Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 85% Perzentil von 12,0 GPa überschreiten, erfolgt bei der zementgebundenen Schicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) ein Abzug von 10%.

Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 15% Perzentil von 4,0 GPa unterschreiten, erfolgt bei der zementgebundenen Schicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) eine Kürzung von:

Abzug in % = $5(s + s^2)$

Wo s die Abweichung zwischen 4 GPa und dem Wert des 15% vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen des gelieferten Mischgutes von dem anhand der Eignungsprüfung vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die Überlagerung der festgestellten Mängel nicht die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche beeinträchtigt.

Tabelle G.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Natürliche Gesteinskörnung	Aufbereitungsanlage	Wöchentlich oder je 2.500 m ³ Einbau	Tabelle A.1
Rezyklierte Körnung	Aufbereitungsanlage	Tabelle A.2	Tabelle A.2
Wasser	Aufbereitungsanlage	Bei Arbeitsbeginn	Kapitel A
Zement	Aufbereitungsanlage	Bei Arbeitsbeginn	Kapitel A
Zusatzmittel, Zusatzstoffe	Aufbereitungsanlage	Bei Arbeitsbeginn	Kapitel A
Nicht abgebundene mit Zement gebundene Schicht	Deckenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Projektsieblinie; Zementgehalt, Rc, Rt
Bohrkerne für Schichtdöcke	Oberbauschicht	Je 100 m Einbaubahn	Solldicke
Fertige Schicht (Lagerungsdichte)	Fertige Schicht	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	98% des Wertes aus der Eignungsprüfung
Fertige Schicht (Tragfähigkeit) 3 Tage nach dem Einbau	Fertige Schicht oder Oberbauschicht	Je 100 m Einbaubahn	$E_{v1} \geq 200$ MPa $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Prämisse

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für mit Zement und Schaumbitumen oder Bitumenemulsion stabilisierte Mischungen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 50% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Artikel 6

GEBUNDENE SCHICHTEN: MIT ZEMENT UND SCHAUMBITUMEN ODER BITUMENEMULSION STABILISIERT

Die mit Zement und Schaumbitumen oder Bitumenemulsion stabilisierten Mischungen, bestehen aus einem Mineralstoffgemisch in Erstanwendung, aus Recyclingmaterial aus dem alten Straßenkörper mit variablem Anteil an Fräsmaterial (bis zu 100%). Diese Mischungen finden sowohl im Straßenbau als auch bei der Instandhaltung von Straßen und Flugplätzen ihre Anwendung.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Gesteinskörnung

Die Gesteinskörnung besteht aus auf den Baustellen im Kaltverfahren durch Fräsen der Straßendecke und eines Teils der ungebunden oder hydraulisch gebunden Schichten, Tout Venant gewonnenem Mischgut, das bei Bedarf mit Material in Erstanwendung vermischt wird. Wenn in der alten Straßendecke Bestandteile mit plastischem Verhalten (Schluff, Ton mit IP>6) enthalten sind, sind diese zu beseitigen und mit geeigneten Stoffen zu ersetzen beziehungsweise mit Kalk zu verbessern. Das rezyklierte bituminöse Mischgut (Fräsgut) muss, sofern die Verarbeitung vor Ort mittels stationärer oder mobiler Verarbeitungseinrichtung erfolgt, vor der Verwendung zerkleinert und gesiebt werden, um mögliche Verunreinigungen wie Klumpen, Krusten, usw. mit Abmessungen größer als 31,5 mm zu beseitigen. Diese Vorbehandlung ist bei der vor Ort Verarbeitung mittels Pulvimixer nicht erforderlich. Die Granulometrie der Gesteinskörnungen, inklusive des Fräsgutes, muss anhand des ausgesiebten bzw. nach einer Behandlung mit dem Pulvimixer erhaltenen Baustellenmaterials, im Nassverfahren bestimmt werden.

Wenn die Korngrößenverteilung der besagten Gesteinskörnung nicht innerhalb des Sieblinienbereichs nach Tabelle A.1 liegt, kann die Bauleitung die Verfestigung durch Beigabe von natürlichen Gesteinskörnungen verlangen, dessen Korngröße und Eigenschaften es gestatten, ein Gemisch mit einwandfreier Korngrößenverteilung bereitzustellen.

Tabelle A.1

Siebreihe ISO		Durchgang
	mm	%
Sieb	40	100
Sieb	31,5	80-100
Sieb	16	58-92
Sieb	8	42-76
Sieb	4	30-56
Sieb	2	18-40
Sieb	0,5	9-25
Sieb	0,063	3-8

Die Gesteinskörnungen bestehen aus einem Gemenge von Komponenten aus der Verarbeitung von natürlichen Materialien wie Stein, gerundete und scharfkantige Aggregate/Körnungen). Die verwendeten Gesteinskörnungen sind gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe zu klassifizieren. Auf

der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE - Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13242 angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen und die Prüfungen müssen mit dem Dekret des Ministeriums für Infrastruktur und Transporte vom 16. November 2009 konform sein.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und verschiedene petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 und A.3 erfüllt werden.

Tabelle A.2

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Kenngrößen</i>	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0,063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

Tabelle A.3

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Kenngrößen</i>	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantität des Bruchgutes			%	100	-
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤ 25	-

Der Bauleiter muss, aufgrund der in den EG-Konformitätserklärungen für die Gesteinskörnungen enthaltenen Kennwerte für das laufende Jahr, die Erfüllung der Anforderungen gemäß Tabelle A.2 und Tabelle A.3 überprüfen. Die Dokumentationen, inklusive CE- Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP), sind der Bauleitung mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

Für die nicht in der EG-Konformitätserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Bitumenemulsion

Das bituminöse Bindemittel wird in Form von Bitumenemulsion beigesetzt. Die Emulsion muss geeignet sein, d.h. aus Bitumen aus destillativer Fraktionierung bestehen und überstabilisiert sein (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C60 B10), sowie den Anforderungen in Tabelle A.4 entsprechen.

Tabelle A.4

BITUMENEMULSION C 60 B10					
<i>Kenngrößen</i>	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Wassergehalt	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Bitumengehalt (Bitumen+Fluxant)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Homogenität	UNI EN 1429	-	%	≤ 0,2	
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (Säurewert)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Mischung mit hydraulischem Bindemittel	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Rückstandsbindemittel nach Abdestillation	UNI EN 1431				
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	P	0,1mm	50 - 100	3

Erweichungspunkt	UNI EN1427	T	°C	35 - 56	8
Brechpunkt (Fraaß)	UNI EN12593	T	°C	≤ -8	

Der Bauleiter wird, aufgrund der in den EG- Konformitätserklärungen für die Bitumenemulsion enthaltenen Kennwerte für das laufende Jahr, die Erfüllung der Anforderungen gemäß Tabelle A.4 überprüfen. Die Dokumentationen, inklusive CE- Kennzeichnung und Leistungserklärung (DoP), sind der Bauleitung mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

3) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein.

Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme, vorzugsweise der neuen Generation mit recycelten Bestandteilen und geringerer Umweltbelastung in der Produktionsphase, zu verwenden.

4) Wasser

Das Wasser darf keine schädlichen Verunreinigungen enthalten und muss konform mit der Norm UNI EN 1008 sein.

B) MISCHGUTANSATZ

Der optimale Gehalt an Zement, Wasser und Emulsion und möglicherweise die Beigabe von Mineralstoffen wird mit eigenen Laborversuchen ermittelt.

Zur genauen Erkundung der tatsächlichen Verhältnisse, müssen in dem, von den Arbeiten betroffenen Straßenabschnitt alle 500 m, und bei ungleichmäßiger Beschaffenheit in geringeren Abständen, Probekörper entnommen werden. Für den Fall, dass die Vermischung mittels Pulvimixer erfolgt, müssen die Proben der Gesteinskörnungen für die Studie der Mischung auf der Baustelle entnommen werden, und zwar sofort, nachdem der Pulvimixer einen Durchgang vollzogen hat und bevor die Bindemittel ausgebracht werden.

An den entnommenen Probekörpern sind die Korngrößenverteilung nach UNI EN 933-1 und der Plastizitätsbeiwert nach UNI CEN ISO/TS 17892-12 zu prüfen, um die Zweckmäßigkeit einer Verbesserung mit Kalk oder Bodenverbesserung mit Mineralstoffen festzustellen.

Bevor die richtige Kombination von Bindemitteln festgelegt wird, muss der optimale Wassergehalt des Gemisches mit 2 Gew.-% Zement gemäß den Angaben in Tabelle B.1 bestimmt werden.

Probekörper mit unterschiedlichem Wassergehalt müssen mit einer Gyratorpresse (UNI EN 12697-31) unter den folgenden Prüfbedingungen verdichtet werden:

Typ des Stanzeisens:	NICHT drainiert
Umdrehungswinkel:	1.25° ± 0.02°
Umdrehungsgeschwindigkeit:	30 Umdrehungen/min
Vertikaldruck:	600kP
Durchmesser des Probekörpers in mm:	150
Anzahl Umdrehungen:	100
Gewicht des Probekörpers:	2800 g (einschließlich Zement und Wasser)

Für den Fall, dass die größeren Elemente die Herstellung der Probekörper behindern, muss die Kornfraktion größer 20 mm eliminiert werden.

Tabelle B.1						
Zement [%]	2,0					
Bitumenemulsion [%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Proben [n°]	3	3	3	3	3	3

Jeder Probenkörper muss vor und nach der Verfestigung gewogen werden, um den Prozentanteil von (möglichem) Austrittswasser zu ermitteln.

Die so erhaltenen Probenkörper müssen im Trockenschrank bei 40°C bis zur Massenkonzanz getrocknet werden, um die Dichte (UNI EN 12697-6/Prozedur D) zu ermitteln.

Der optimale Wassergehalt ist jener, welcher es erlaubt, den höchsten Dichtewert der (trockenen) Mischung bei einem Wasserausstoß während der Kompaktion von unter 0,5% zu erhalten.

Mit der gleichen Vorgangsweise bei der Kompaktion und dem gleichen optimalen Wassergehalt, müssen Probenkörper mit unterschiedlichem Gehalt an Zement und Bitumenemulsion hergestellt werden, so wie in Tabelle B.2 beschrieben.

Tabella B.2									
Wasser [%]	Optimaler Gehalt								
Zement [%]	1,5			2,0			2,5		
Bitumenemulsion [%]	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5
Proben [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Bei der Berechnung des optimalen Wassergehaltes der Mischung muss auch das in der Emulsion enthaltene Wasser mitberücksichtigt werden.

Ausgehend von den vorgegebenen Zementanteilen, können die anderen Anteile in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und der Korngrößenverteilung des wiederzuverwertenden Gemischs schwanken.

Die Probekörper werden nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40 °C im Ofen, während 4 h bei 25°C gelagert und einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 12697-23) unterzogen. Diese Probenkörper müssen eine diametrale Zugfestigkeit von IST > 0,35 MPa aufweisen.

Nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40°C müssen die Probekörper, welche die Anforderungen der Spaltzugfestigkeit erfüllen, folgende Kennwerte aufweisen:

- Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) – (Horizontalverschiebung $5 \pm 0,2 \mu\text{m}$)
- Festigkeitsverlust nach Imbibition bei 25°C, für eine Stunde unter 50 mm Quecksilber - Vakuum
- Festigkeitsverlust nach Wassersättigung (für den Zeitraum bis zum Erreichen der Massenkonzanz) und 15 Frost-Tau Zyklen (-20°C/+20°C).

Die für das Projekt optimale Mischung ist jene, welche bei einer Temperatur von 20°C den kleinsten Steifheitsmodul über 3000 MPa und eine Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung von über 70% des Ausgangswertes ohne Wasserlagerung besitzt. Sowie einer Spaltzugfestigkeit und einer Druckfestigkeit nach Frost-Tau Belastung größer als 50% der unbehandelten Probenkörpern.

An der optimalen Mischung muss die Dichte an 100 Umdrehungen mit der Gyratorpresse gemessen werden, welche als Referenzwert für die Dichte vor Ort gilt.

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten und für jede Aufbereitungsanlage den Mischgutansatz, den er zu verwenden beabsichtigt, vorschlagen. Für jedes vorgeschlagene Gemisch sind die durchgeführten Untersuchungen ausführlich zu belegen.

Für die Korngrößenverteilung des Mischgutes sind, gegenüber jener des vom Bauleiter genehmigten Mischgutansatzes, für die rezyklierten Gesteinskörnung Abweichungen von höchstens $\pm 10\%$ und für die beigegebene Gesteinskörnungen von höchstens $\pm 5\%$ zulässig. Beim Gehalt an beigegebenem Schaumbitumen bzw. Bitumenemulsion, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts, sind Abweichungen von höchstens $\pm 0,25\%$ zulässig.

Die Sollwerte gelten sowohl für die beim Einbau entnommenen Probekörper als auch für die von den fertigen Schichten entnommenen Bohrkerne.

C) AUFBEREITUNG UND EINBAU DES GEMISCHS

Die Stabilisierung mittels Zement und Bitumenemulsion erfolgt durch Einsatz eines Wiederaufbereitungszugs mit einem, mit Asphaltfräse, Stabilisiergerät mit Mischraum um die Klumpen der Fräsgutes zu zerkleinern und eine homogene Vermischung mit Zement und Emulsion zu gewährleisten, Tankwagen für das bituminöse Bindemittel, Tankwagen mit Wasser, Nivelliermaschine und mindestens 2 Walzen.

Die Schicht ist unverzüglich nach dem Einbau zu nivellieren und zu verdichten; hierzu sind eine ≥ 160 kN schwere Rüttelwalze mit einstellbaren Rüttelfrequenz und Rüttelstärke und eine Gummiradwalze mit einem statischen Gewicht von ≥ 240 kN einzusetzen.

Durch das Verdichtungsverfahren muss die vorgeschriebene Dichte erreicht werden. Das Gemisch ist mit geeigneten Verfahren einzubauen und zu verdichten, damit eine gleichmäßige, genau profilierte Schicht ohne Kiesnestern, Rissen oder Ablösungen entsteht.

Statt des fahrbaren Aufbereitungszugs, kann für die Aufbereitung des Mischguts eine verstellbare, auf der Baustelle aufzustellende Aufbereitungsanlage eingesetzt werden. Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen. In diesem Fall erfolgt der Einbau mittels Gleitfertiger, welcher die Verdichtung gleich wie der Wiederaufbereitungszug durchführt.

Die Stabilisierung muss bei Lufttemperaturen unter 10°C und unter allen Umständen bei widrigen Witterungsbedingungen, welche das einwandfreie Gelingen der Arbeiten behindern, unterbrochen werden.

Schichten, die durch Witterungseinflüsse oder andere Ursachen beeinträchtigt wurden, müssen entfernt und auf Kosten des Auftragnehmers ersetzt werden.

Das fertige Planum muss genau nach Zeichnung profiliert werden; in fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in zueinander rechtwinkligen Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig. Wird eine größere Abweichung vom Bemessungsmaß des Projektes festgestellt, ist es nicht zulässig, den Mangel durch Auffüllen und anschließendes Walzen kleiner Mengen Materials zu "korrigieren" (auch wenn es sich um das selbe Material handelt). Es ist daher ratsam, die Schicht mit einer Überdicke von 10 - 15 mm herzustellen und die fertige Oberfläche nach der Verdichtung mit einer Fräse nachzuformen.

Nach Beendigung des Walzvorganges muss die Schicht, in Abstimmung mit den Erfordernissen der Baustelle, für mehrere Tage reifen und abtrocknen, bevor sie überdeckt wird. Falls Regenfälle angekündigt sind muss die Schicht hingegen sofort geschützt werden. In beiden Fällen wird Emulsion mit langsamem Bruch und überstabilisiert (Typ C60B10), vorzugsweise auch die gleiche Emulsion wie für die erstellte Mischung, verwendet. Die Dosierung der Emulsion beträgt etwa $1,5 \text{ kg/m}^2$ und im Anschluss erfolgt darauf das Ausbringen von Split oder Sand.

D) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle der mit Bitumenemulsion und Zement stabilisierten Schichten sind Laborprüfungen an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen und Feldversuche durchzuführen. Das Intervall der Probenentnahme ist allgemein alle 5000 m^2 realisierter, behandelter Oberfläche. Der Bauleiter bestimmt den Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen je nach Erfordernissen der Baustelle. Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft. Die Korngrößenverteilung des Korngemisches muss an vor der Zugabe von Bindemitteln entnommenen Proben, an der Aufbereitungsanlage oder vor Ort nach einmaligem Durchgang mit dem Wiederaufbereitungszug (Pulvimixer), erfolgen. Am Mischgut werden der Gehalt an beigegebenem Bitumen, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts und der Wassergehalt festgestellt. Die mit Gyratorpresse hergestellte Probekörper werden einer Spaltzugfestigkeitsprüfung unterzogen und es wird der Steifheitsmodul bestimmt.

Nach 90 Tagen nach dem Einbau erfolgt die Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls mittels Falling Weight Deflectometer – Prüfungen (FWD) und die Entnahme von Bohrkernen zur Überprüfung der Raumgewicht und der Schichtstärken. Nach Ermessen des Bauleiters kann die Spaltzugfestigkeitsprüfung IST (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) und der Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26 Annex C) angefordert werden.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, im Labor mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellten Körpern, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert (γ_{labor}), nicht um mehr als 97% unterschreiten. Falls möglich muss der Referenzwert aus der vor Ort verwendeten Materialmischung, mittels mobilem Baustellenlabor mit Gyratorpresse hergestellten Probekörpern, bestimmt werden. Die Probe, bestehend aus ca. 2800 g Mischung (einschließlich Zement und Wasser), wird mit 100 Umdrehungen einer Gyratorpresse verdichtet.

Die Dichtemessungen an trockenen Probekörpern werden nach UNI EN 12697-6/Verfahren D durchgeführt.

Die **Spaltzugfestigkeit** nach UNI EN 12697-23 wird an 90 Tage nach Fertigstellung der Schicht entnommenen Probekörpern oder an auf der Baustelle mittels Gyratorpresse (100 Umdrehungen) hergestellten Proben und Reifung von 72 Stunden bei 40°C in einer Klimakammer und weiteren 4 Stunden bei 25°C bestimmt. Der Wert darf hier nicht unter 0,35 MPa liegen.

Der **Steifheitsmodul bei 20°C** kann entweder mittels indirekter Zugprüfung (UNI EN 12697-26) mit Deformation von $5 \pm 0,2 \mu\text{m}$ auf den auf der Baustelle mit Gyratorpresse (100 Umdrehungen) anhand der projektierten Dichte hergestellten Probekörpern, nach einer Abbindezeit von 72 Stunden bei 40°C und 28 Tagen bei 20°C in der Klimakammer oder 90 Tage nach dem Einbau entnommenen Probekörpern ermittelt werden. In 95% der untersuchten Proben darf der Wert nicht unter 3000 MPa liegen.

Bei denselben Proben mit denselben Durchmessern muss der Steifemodul bei 40° C weiters < 75 % des bei 20°C erhaltenen Wertes sein.

Der nach 90 Tagen mittels Falling-Weight-Deflectometer ermittelte **Elastizitätsmodul** darf, bezogen auf eine Temperatur von 20°C bei 95% der Proben, bzw. der untersuchten Punkte, nicht unter 3000 MPa liegen.

Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung mittels *Falling-Weight Deflectometer* – FWD gemessen werden, darf, bezogen auf eine Temperatur von 20°C, das 15. Perzentil den Wert von 3,0 GPa nicht unterschreiten. Bei Werten des Elastizitätsmoduls (15. Perzentil) zwischen 1,5 und 3,0 GPa erfolgt bei der Schicht eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 10s + 5s^2$$

wo s die Abweichung zwischen 3 GPa und dem Wert des 15. Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Bei Werten des Elastizitätsmoduls unter 1,5 GPa hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Alternativ kann die Bauleitung die Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen für die entstandenen Mängel veranlassen, welche es erlauben, die Gebrauchstauglichkeit der Schicht nach Vorgaben des Projektes zu erreichen.

Für den Fall, dass keine FWD Untersuchungen durchgeführt werden, kann die Abnahme der Arbeiten oder eventuelle Berechnungen der Abzüge, auch mit Bezugnahme auf den an den Probekörpern durch indirekte Zugprüfung ermittelten Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) erfolgen. Hierbei müssen dieselben Kriterien wie für den Elastizitätsmodul Anwendung finden.

Integrierend zu den vorhergehenden Kontrollen können Messungen mittels leichter dynamischer Lastplatte (*dynamic plate-load test*) durchgeführt werden. Der **dynamische Modul** E_{vd} darf nach der Verfestigung in 90% der untersuchten Punkte nicht unter 70 MPa liegen. Die Messungen des dynamischen Moduls werden mit einer Referenztemperatur (25°C) korrigiert. Bei positiv abweichender Temperatur werden die Messungen pro °C um 1% nach Oben, bei negativ abweichenden Temperaturen um denselben Faktor nach Unten korrigiert. Das verwendete Gerät muss mit einem Fallgewicht von 10 kg, einer generierten Einschlagkraft von 7,07 kN und einer Impulsdauer auf einer Platte mit 300 mm Durchmesser von 18 ms versehen sein. Die Prüfungen der Deformationen werden mittels drei aufeinanderfolgenden Schlägen durchgeführt und der resultierende Mittelwert des dynamischen Moduls wird, bei bekanntem aufgebrachtem Druck, automatisch vom Gerät berechnet. Vor diesen drei Messschlägen müssen drei Schläge durchgeführt werden, um einen guten Kontakt der Platte mit dem Untergrund zu gewährleisten. Die Auflageplatte muss auf einem möglichst horizontalen, ebenen Untergrund liegen, welcher eventuell noch mittels gleichkörnigen Sands nivelliert wird. Sofern der Kontakt mit dem Untergrund nicht optimal, oder die Neigung des Untergrundes zu groß ist (über 6%), können Verschiebungen auftreten, welche die Messergebnisse verfälschen.

Artikel 7

TRAGSCHICHT MIT STRASSENBAUBITUMEN

Die Tragschichten aus Heißasphalt mit Straßenbaubitumen bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, Straßenbaubitumen, Zusätzen und Ausbauasphalt (Fräsmaterial).

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Tragschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 35% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein. Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0,063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt UNI EN 13043.

Füller für Binderschichten müssen die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird, oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagkörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Tragschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, mindestens 35 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (35 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Tragschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 40 % betragen.

Der Unternehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 40 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden. Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4			Typ 50/70	Typ 70/100
BITUMEN				
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Werte nach RTFOT (163°C)				
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im Neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) unterschiedlicher Art und Natur eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können von Produzenten oder Lieferanten speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauphase), für denselben Zweck verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein. Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Tragschichten, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5

Tabelle A.5		
TRAGSCHICHT AC 32 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	63	100
Prüfsieb	32	90 – 100
Prüfsieb	20	69 – 82
Prüfsieb	8	45 – 56
Prüfsieb	2	21 – 31
Prüfsieb	0.5	10 – 17
Prüfsieb	0.25	6 – 12
Prüfsieb	0.063	4 – 7
Bitumengehalt in %		4.3 – 5.3

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Tragschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	150	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Registrierungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen. Für die nicht in der Leistungserklärung enthaltenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13043 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Annahmeprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden. Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Tragschichten mit Straßenbaubitumen muss kleiner oder gleich 160°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der bituminösen Tragschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist; hierzu wird die Auflage gesäubert und je nach Verwendung dosierte Bitumenemulsionen mit bestimmten Eigenschaften aufgesprüht. Je nachdem ob die Unterlage aus einer ungebundenen Tragschicht oder aus bituminösem Mischgut besteht, wird eine Haftbrücke oder eine Haftschrift aufgetragen.

Unter **Haftbrücke** versteht man eine Dünnschicht aus Bitumenemulsion mit langsamer Brechzeit und niedriger Viskosität, die über einer ungebundenen Schicht, vor den Asphaltierungsarbeiten aufgetragen wird. Mit dieser Behandlung sollen die Hohlräume der nicht gebundenen Tragschicht gefüllt, dessen Oberfläche verfestigt und gleichzeitig eine bessere Haftung der darüberliegenden Schicht aus bituminösem Mischgut gewährleistet werden.

Zu verwenden ist eine Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Bitumengehalt von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4), dessen Kennwerte in -Tabelle D.1 angeführt sind. Die Mindestmenge des wirksamen Bindemittels muss 1,0 kg/m² betragen.

Vor dem Aufsprühen der Emulsion ist auf eine ausreichende Feuchtigkeit der Verlegefläche zu achten und diese ggf. anzuweichen, wobei jedoch Staunässe und Pfützenbildung zu vermeiden sind.

Bei hydraulisch gebundenen Tragschichten, mit Kalk und Zement oder mit Zement- und Bitumenemulsion stabilisierten Tragschichten und kaltrecyclierten Tragschichten ist die zum Schutz der Schicht aufgesprühte Emulsion bereits eine Verankerungsschicht für die darüberliegende Schicht. Gibt es Bereiche, in denen die Emulsion durch die Bewegung von Baustellenfahrzeugen entfernt wurde, muss sie auf Kosten des Auftragnehmers wieder eingebaut werden, bevor die darüber liegende Schicht verlegt wird.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B 4					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Polarität	UNI EN 1430	-	%	Positiv	2
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Gehalt an Bindemittel (Bitumen + Fluxmittel)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Gehalt an Fluxmittel	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>	UNI EN 1431				
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	-
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	>40	-

Unter **Haftschrift** versteht man eine, auf eine bestehende Asphalttschicht und vor Einbau der darüber liegenden Schicht aufgesprühte Bitumenemulsionsschicht zur Verbesserung der Haftung zwischen den Schichten und zur Verhinderung von Ablösungen und Gleiterscheinungen.

Für Haftsichten sind kationische Emulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Rückstand an Bitumen von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55B3) zu verwenden; die vorgeschriebenen Kennwerte sind Tabelle D.2 zu entnehmen.

Tabelle D.2

BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Die Menge der aufzusprühenden Emulsion hängt davon ab, ob es sich um den Einbau eines neuen Straßenoberbaus oder um Instandhaltungsarbeiten handelt.

Zwischen 2-lagigen Tragschichten muss die Haftsicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m² aufweisen, beim Einbau einer Ausgleichsschicht auf einer bestehenden bituminösen Schicht eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m².

Stärker verdünnte, kationische Bitumenemulsionen dürfen unter der Voraussetzung verwendet werden, dass die relevanten Qualitätsmerkmale des Restbitumens und die Restbitumenmenge gleichbleiben.

Damit die Baumaschinen die Haftsicht befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftsicht mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftsicht verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001, d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

E) EINBAU

Zum Einbau der Tragschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftsicht verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 150°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Tragschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der bituminösen Tragschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120kN, dann mit Gummiradwalze mit einem Gewicht von mindestens 160 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Tragschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

Um die Verankerung zu gewährleisten, muss beim Aufbau der Tragschicht auf hydraulisch gebundenen Tragschichten vor dem Einbau des Asphaltmischguts jeglicher Splitt und/oder Sand entfernt werden, der nicht von der zuvor zum Schutz der hydraulisch gebundenen Tragschicht aufgetragenen Emulsion zurückgehalten wird.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes für Tragschichten und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden das Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) ermittelt.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, der Gehalt an Reaktivierungszusatz, die Raumdichte, der Hohlraumgehalt und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

² Wenn es unumgänglich ist, die Tragschicht bei Temperaturen unter 5 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, normale Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0.98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s \geq 15$

muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut verwendet werden, dessen Dicke auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen darf. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Binder- und -Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Tragschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v : der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Tragschicht an eine darunterliegende bituminöse Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherskräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t : Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Tragschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,85 und 1,60 MPa liegen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Tragschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Tragschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Tragschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Tragschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Tragschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-, Siebkurve, Hohlraumgehalt, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 8

TRAGSCHICHT MIT STRASSENBAUBITUMEN (Technologie der Warmasphalte)

Die Tragschicht mit Straßenbaubitumen in Warm-Anfertigung ist ein Asphaltmischgut, dass nach Gewicht oder Volumen dosiert wird und aus halbfesten (normalen) Straßenbaubitumen, Gesteinskörnungen, Zusatzstoffen und Ausbauasphalt (Fräsmaterial) besteht.

Die „Warmasphalttechnologie“ ermöglicht das Mischen, den Transport und den Einbau bei Temperaturen, die 30°C - 40°C niedriger sind als jene des entsprechenden Typs des entsprechenden Straßenbaubitumens. Die niedrigere Mischtemperatur ermöglicht eine Verringerung der atmosphärischen Emissionen aufgrund des geringeren Brennstoffverbrauchs bei der Erwärmung der Gesteinskörnung und der Verringerung der vom Mischgut erzeugten Dämpfe und Abgase.

Zusätzlich zu den Umweltaspekten schützt die Möglichkeit, bei niedrigeren Temperaturen zu arbeiten, das Bitumen vor Alterung, d.h. vor Oxidation und Verhärtung, die durch längeren Kontakt mit sehr heißen Gesteinskörnungen verursacht werden.

Um bei niedrigeren Temperaturen arbeiten zu können, können Bitumenaufschäumtechniken, während der Mischphase angewandt werden, chemische Zusätze oder kristalline Kunsthharze, Zeolithe oder ähnliche Produkte verwendet werden, oder es können speziell formulierte (bereits additivierte) Bitumen verwendet werden.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphalttschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und in den Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von bituminösem Mischgut weniger als 120°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse Mischungen mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 35 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein. Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieboffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA _{24,2}

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieboffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieboffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt UNI EN 13043.

Füller für Binderschichten müssen die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbaus asphalt

Unter Ausbaus asphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird, oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Tragschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, mindestens 35 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (35 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Tragschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 40 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 40 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4			BITUMEN		Typ 50/70	Typ 70/100
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte		
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100		
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51		
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10		
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99		
Werte nach RTFOT (163°C)						
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8		
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46		
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45		
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11		

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Albitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im Neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) unterschiedlicher Art und Natur eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

Um während des Mischens, des Transports und des Einbaus bei 30 °C - 40 °C niedrigeren Temperaturen als üblich zu arbeiten, können sowohl chemische Zusätze als auch synthetische kristalline Harze (Wachse), oder Zeolithe und ähnliche Produkte verwendet werden (**Warmasphalttechnologie**).

Chemische Zusätze sind oberflächenaktive Stoffe, die auf mikroskopischer Ebene wirken, indem sie die Reibungskräfte an der Grenzfläche zwischen Gesteinskörnung und Bitumen verringern und die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung sowie die Verdichtung des bituminösen Mischguts fördern. Kunstharze werden mit Bitumen vermischt und entfalten ihre Wirkung durch den reversiblen Mechanismus der physikalischen Zustandsänderung Schmelzen/Kristallisieren. Sie haben die Eigenschaft, bei einer Temperatur von etwa 100°C zu schmelzen. Da sie im Bitumen vollständig löslich sind, verringern sie bei über 100 °C die Viskosität des Bindemittels, während sie bei unter 80 °C dessen Steifigkeit erhöhen. Die niedrigere Viskosität bei Misch- und Einbautemperaturen von Asphaltmischgut begünstigt die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung und die Verdichtung des bituminösen Mischguts.

Chemische Zusatzstoffe und Kunstharze können dem Bitumen in der Mischphase zugesetzt werden oder bereits im Bitumen enthalten sein, das vom Hersteller an die Anlage geliefert wird.

Eine alternative Technologie zur Verwendung von Zusatzstoffen ist das teilweise oder vollständige Aufschäumen von Bitumen beim Mischen mit heißen Zuschlagstoffen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein. Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Tragschichten, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5

Tabelle A.5

TRAGSCHICHT AC 32 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	63	100
Prüfsieb	32	90 – 100
Prüfsieb	20	69 – 82
Prüfsieb	8	45 – 56
Prüfsieb	2	21 – 31
Prüfsieb	0,5	10 – 17
Prüfsieb	0,25	6 – 12
Prüfsieb	0,063	4 – 7
Bitumengehalt in %		4,3 – 5,3

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Tragschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	150	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Registrierungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen. Für die nicht in der Leistungserklärung enthaltenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13043 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Annahmeprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = $(\pi/2) DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinkörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang im Asphaltwerk muss die Temperatur des Mischgutes mit Straßenbaubitumen weniger als oder gleich 150°C betragen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der bituminösen Tragschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist; hierzu wird die Auflage gesäubert und je nach Verwendung dosierte Bitumenemulsionen mit bestimmten Eigenschaften aufgesprüht. Je nachdem ob die Unterlage aus einer ungebundenen Tragschicht oder aus bituminösem Mischgut besteht, wird eine Haftbrücke oder eine Haftschrift aufgetragen.

Unter **Haftbrücke** versteht man eine Dünnschicht aus Bitumenemulsion mit langsamer Brechzeit und niedriger Viskosität, die über einer ungebundenen Schicht, vor den Asphaltierungsarbeiten aufgetragen wird. Mit dieser Behandlung sollen die Hohlräume der nicht gebundenen Tragschicht gefüllt, dessen Oberfläche verfestigt und gleichzeitig eine bessere Haftung der darüberliegenden Schicht aus bituminösem Mischgut gewährleistet werden.

Zu verwenden ist eine Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Bitumengehalt von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4), dessen Kennwerte in -Tabelle D.1 angeführt sind. Die Mindestmenge des wirksamen Bindemittels muss 1,0 kg/m² betragen.

Vor dem Aufsprühen der Emulsion ist auf eine ausreichende Feuchtigkeit der Verlegefläche zu achten und diese ggf. anzufeuchten, wobei jedoch Staunässe und Pfützenbildung zu vermeiden sind.

Bei hydraulisch gebundenen Tragschichten, mit Kalk und Zement oder mit Zement- und Bitumenemulsion stabilisierten Tragschichten und kaltrecyclierten Tragschichten ist die zum Schutz der Schicht aufgesprühte

Emulsion bereits eine Verankerungsschicht für die darüberliegende Schicht. Gibt es Bereiche, in denen die Emulsion durch die Bewegung von Baustellenfahrzeugen entfernt wurde, muss sie auf Kosten des Auftragnehmers wieder eingebaut werden, bevor die darüber liegende Schicht verlegt wird.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B 4					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Polarität	UNI EN 1430	-	%	Positiv	2
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Gehalt an Bindemittel (Bitumen + Fluxmittel)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Gehalt an Fluxmittel	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>	UNI EN1431				
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	-
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	>40	-

Unter **Haftschicht** versteht man eine, auf eine bestehende Asphaltsschicht und vor Einbau der darüber liegenden Schicht aufgesprühte Bitumenemulsionsschicht zur Verbesserung der Haftung zwischen den Schichten und zur Verhinderung von Ablösungen und Gleiterscheinungen.

Für Haftschichten sind kationische Emulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Rückstand an Bitumen von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55B3) zu verwenden; die vorgeschriebenen Kennwerte sind Tabelle D.2 zu entnehmen.

Tabelle D.2

BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Die Menge der aufzusprühenden Emulsion hängt davon ab, ob es sich um den Einbau eines neuen Straßenoberbaus oder um Instandhaltungsarbeiten handelt.

Zwischen 2-lagigen Tragschichten muss die Haftschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0.30 kg/m² aufweisen, beim Einbau einer Ausgleichsschicht auf einer bestehenden bituminösen Schicht eine solche von 0.35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m².

Stärker verdünnte, kationische Bitumenemulsionen dürfen unter der Voraussetzung verwendet werden, dass die relevanten Qualitätsmerkmale des Restbitumens und die Restbitumenmenge gleichbleiben.

Damit die Baumaschinen die Haftschicht befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschicht mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschicht verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001, d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

E) EINBAU

Zum Einbau der Tragschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 120°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Tragschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der bituminösen Tragschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120kN, dann mit Gummiradwalze mit einem Gewicht von mindestens 160 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Tragschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

Um die Verankerung zu gewährleisten, muss beim Aufbau der Tragschicht auf hydraulisch gebundenen Tragschichten vor dem Einbau des Asphaltmischguts jeglicher Splitt und/oder Sand entfernt werden, der nicht von der zuvor zum Schutz der hydraulisch gebundenen Tragschicht aufgetragenen Emulsion zurückgehalten wird.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes für Tragschichten und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden das Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) ermittelt.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, der Gehalt an Reaktivierungszusatz, die Raumdichte, der Hohlraumgehalt und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{Soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker } n}}{0,98 \times \gamma_{\text{Soll}}} \right) \right]}{S_{\text{Soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s \geq 15$

muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut verwendet werden, dessen Dicke auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen darf. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Binder und - Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Tragschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2v + 2v^2$$

wo v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Tragschicht an eine darunterliegende bituminöse Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Tragschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,85 und 1,60 MPa liegen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Tragschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Tragschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Tragschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Tragschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Tragschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-, Siebkurve, Hohlraumgehalt, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 9

TRAGSCHICHTEN MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN

Die Tragschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bitumen bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen, Zusatzmitteln und Ausbausphalt (Fräsmaterial).

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Tragschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 25% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Füller als Produktionsfüller in Form von Feianteilen oder als Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten). Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{max}=4$ mm) zulässig. Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt in Einklang mit der UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Außerdem müssen Füller die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Tragschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 25 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recycliertem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (25 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Tragschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 25% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 25% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbausphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbausphaltes in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das beigegebene Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, d.h. aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechkpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausphaltes, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabellen A6 und A.7 gewährleistet ist.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im Neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung und des Ausbaasphaltes zur Herstellung bituminöser Tragschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
TRAGSCHICHT AC 32 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	63	100
Prüfsieb	32	90 – 100
Prüfsieb	20	69 – 82
Prüfsieb	8	45 – 56
Prüfsieb	2	21 – 31
Prüfsieb	0.5	10 – 17
Prüfsieb	0.25	6 – 12
Prüfsieb	0.063	4 – 7
Bitumengehalt in %		4.3 – 5.3

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Tragschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	

Durchmesser des Probekörpers			mm	150	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	1,1 – 1,75	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Steifheitsmodul bei 20°C – 124ms (**)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	5,5 – 11	V _{min5,5} – V _{max11}
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen. Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13043 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Tragschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der bituminösen Tragschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist; hierzu werden die Auflageflächen gesäubert und je nach Verwendung dosierte Bitumenemulsionen mit bestimmten Eigenschaften aufgesprüht. Je nachdem ob die Unterlage aus einer ungebundenen Tragschicht oder aus bituminösem Mischgut besteht, wird eine Haftbrücke oder eine Haftschiht aufgetragen.

Unter **Haftbrücke** versteht man eine Dünnschicht aus Bitumenemulsion mit langsamer Brechzeit und niedriger Viskosität, die über einer ungebundenen Schicht, vor den Asphaltierungsarbeiten aufgetragen wird. Mit dieser Behandlung sollen die Hohlräume der nicht gebundenen Tragschicht gefüllt, dessen Oberfläche verfestigt und gleichzeitig eine bessere Haftung der darüberliegenden Schicht aus bituminösem Mischgut gewährleistet werden.

Zu verwenden ist eine Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Bitumengehalt von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4), dessen Kennwerte in -Tabelle D.1 angeführt sind. Die Mindestmenge des wirksamen Bindemittels muss 1,0 kg/m² betragen.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B 4					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Polarität	UNI EN 1430	-	%	Positiv	2
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Gehalt an Bindemittel (Bitumen + Fluxmittel)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Gehalt an Fluxmittel	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>	UNI EN 1431				
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	-
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	>40	-

Vor dem Aufsprühen der Emulsion ist auf eine ausreichende Feuchtigkeit der Verlegefläche zu achten und diese ggf. anzufeuchten, wobei jedoch Staunässe und Pfützenbildung zu vermeiden sind.

Bei hydraulisch gebundenen Tragschichten, mit Kalk und Zement oder mit Zement- und Bitumenemulsion stabilisierten Tragschichten und kaltrecycelten Tragschichten ist die zum Schutz der Schicht aufgesprühte Emulsion bereits eine Verankerungsschicht für die darüberliegende Schicht. Gibt es Bereiche, in denen die Emulsion durch die Bewegung von Baustellenfahrzeugen entfernt wurde, muss sie auf Kosten des Auftragnehmers wieder eingebaut werden, bevor die darüber liegende Schicht verlegt wird.

Unter **Haftschiht** versteht man eine, auf eine bestehende Asphalttschicht und vor Einbau der darüber liegenden Schicht aufgesprühte Bitumenemulsionsschicht zur Verbesserung der Haftung zwischen den Schichten und zur Verhinderung von Ablösungen und Gleiterscheinungen.

Als Haftschiht wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen.

Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine wirksame Bindemittelmenge von 0.40 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Tragschicht auf eine bestehende Schicht) eine Menge von 0.35 kg/m² und zwischen 2-lagigen Tragschichten eine Menge von 0,30 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C69BP3), dessen Kennwerte in Tabelle D.2 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.2 aufweisen.

Tabelle D.2

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechkpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

E) EINBAU

Zum Einbau der Tragschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Tragschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der bituminösen Tragschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120kN, dann mit Gummiradwalzen mit einem Gewicht von mindestens 160 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes für Tragschichten und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, die Raumdicke, der Hohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und der komplexe E-Modul (nach UNI EN 12697-26 Anhang C) bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als

² Wenn es unumgänglich ist, die Tragschicht bei Temperaturen unter 5 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, modifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr ker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s \geq 15$

muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut, das mit polymermodifiziertem Bindemittel hergestellt ist, verwendet werden. Die Dicke der Ausgleichsschicht darf auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Binder und -Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Tragschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 2,8 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v : der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Tragschicht an eine darunterliegende bituminöse Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN.

Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Tragschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,95 e 1,70 MPa liegen.

Der Steifheitsmodul wird in Einklang mit der UNI EN 12697-26, Anhang C bestimmt. Werden für **Steifheitsmodul** Werte über 10 GPa gemessen, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $3 (1 + M^2)$

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 10GPa.

Für Steifheitswerte unter 4,5 GPa wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $5 (1 + M^2)$

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 4,5 GPa.

Wird ein Steifheitswert unter 2,5 GPa kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Wenn die indirekte Zugfestigkeit die Grenzwerte nicht einhält, für SBS-Polymere unter dem Grenzwert, für übermäßigem Bitumengehalt, bzw. weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf oder werden Hohlraumgehalte (sowohl für vor dem Einbau lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Tragschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Tragschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Tragschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Tragschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Tragschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren Siebkurve, Scherversuch Leutner, Steifheitsmodul, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 10

TRAGSCHICHTEN MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT (Technologie der Warmasphalte)

Die Tragschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen aus nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Ausbauasphalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die das Mischen und den Einbau bei Temperaturen ermöglichen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit in den Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphaltsschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von modifiziertem bituminösem Mischgut weniger als 140°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Tragschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 25 %, (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Füller als Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder als Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt in Einklang mit der UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Außerdem müssen Füller die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphalttschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Tragschichten mit modifiziertem Bitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 25 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (25 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Tragschichten mit modifiziertem Bitumen nicht mehr als 25 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 25 % vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design), und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen. Ein modifiziertes Bitumen ist ein mit Elastomeren angereichertes Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die dem Mischgut eine bessere Verarbeitbarkeit geben. Mit diesem Bindemittel ist es möglich das Mischen und den Einbau bei Temperaturen durchzuführen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit in den Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das polymermodifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabellen A6 und A.7 gewährleistet ist.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung und des Ausbaasphaltes zur Herstellung bituminöser Tragschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
TRAGSCHICHT AC 32 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	63	100
Prüfsieb	32	90 – 100
Prüfsieb	20	69 – 82
Prüfsieb	8	45 – 56
Prüfsieb	2	21 – 31
Prüfsieb	0.5	10 – 17
Prüfsieb	0.25	6 – 12
Prüfsieb	0.063	4 – 7
Bitumengehalt in %		4.3 – 5.3

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Tragschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	150	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	1,1 – 1,75	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Steifheitsmodul bei 20°C – 124 mc (**)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	5,5 – 11	V _{min5,5} – V _{max11}
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = $(\pi/2) DR_t/D_c$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, D_c = Bruchdehnung, R_t = Indirekte Zugfestigkeit

CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13043 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

In der Anlage muss der Ausbauasphalt getrennt auf eine Temperatur zwischen 90°C und 110°C gebracht werden können.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der bituminösen Tragschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist; hierzu werden die Auflagefläche gesäubert und je nach Verwendung dosierte Bitumenemulsionen mit bestimmten Eigenschaften aufgesprüht. Je nachdem

ob die Unterlage aus einer ungebundenen Tragschicht oder aus bituminösem Mischgut besteht, wird eine Haftbrücke oder eine Haftschiht aufgetragen.

Unter **Haftbrücke** versteht man eine Dünnschicht aus Bitumenemulsion mit langsamer Brechzeit und niedriger Viskosität, die über einer ungebundenen Schicht, vor den Asphaltierungsarbeiten aufgetragen wird. Mit dieser Behandlung sollen die Hohlräume der nicht gebundenen Tragschicht gefüllt, dessen Oberfläche verfestigt und gleichzeitig eine bessere Haftung der darüberliegenden Schicht aus bituminösem Mischgut gewährleistet werden.

Zu verwenden ist eine Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Bitumengehalt von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55B4), dessen Kennwerte in -Tabelle D.1 angeführt sind. Die Mindestmenge des wirksamen Bindemittels muss 1,0 kg/m² betragen.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B 4					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Polarität	UNI EN 1430	-	%	Positiv	2
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Gehalt an Bindemittel (Bitumen + Fluxmittel)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Gehalt an Fluxmittel	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
Rückstandsbindemittel nach Abdestillation	UNI EN 1431				
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	-
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	>40	-

Vor dem Aufsprühen der Emulsion ist auf eine ausreichende Feuchtigkeit der Verlegefläche zu achten und diese ggf. anzuweichen, wobei jedoch Staunässe und Pfützenbildung zu vermeiden sind.

Bei hydraulisch gebundenen Tragschichten, mit Kalk und Zement oder mit Zement- und Bitumenemulsion stabilisierten Tragschichten und kaltrecyclierten Tragschichten ist die zum Schutz der Schicht aufgesprühte Emulsion bereits eine Verankerungsschicht für die darüberliegende Schicht. Gibt es Bereiche, in denen die Emulsion durch die Bewegung von Baustellenfahrzeugen entfernt wurde, muss sie auf Kosten des Auftragnehmers wieder eingebaut werden, bevor die darüber liegende Schicht verlegt wird.

Unter **Haftschiht** versteht man eine, auf eine bestehende Asphalttschicht und vor Einbau der darüber liegenden Schicht aufgesprühte Bitumenemulsionsschicht zur Verbesserung der Haftung zwischen den Schichten und zur Verhinderung von Ablösungen und Gleiterscheinungen.

Als Haftschiht wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüngerät aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschiht befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschiht mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschiht verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschiht und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine wirksame Bindemittelmenge von 0.40 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Tragschicht auf eine bestehende Schicht) eine Menge von 0.35 kg/m² und zwischen 2-lagigen Tragschichten eine Menge von 0,30 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.2 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.2 aufweisen.

Tabelle D.2

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

E) EINBAU

Zum Einbau der Tragschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Tragschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der bituminösen Tragschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120kN, dann mit Gummiradwalzen mit einem Gewicht von mindestens 140 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Tragschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

Vor dem Einbau des bituminösen Mischgutes auf einer hydraulisch gebundenen Tragschicht muss der, zum Schutz der Schutzschicht aus Bitumenemulsion ausgestreute und nicht gebundene Sand beseitigt werden, um die Haftung zwischen den Schichten zu gewährleisten.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes für Tragschichten und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, die Raumdicke, der Hohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und der komplexe E-Modul (nach UNI EN 12697-26 Anhang C) bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{soll} - S_{gemessen} \times \left(\frac{\gamma_{Bohr\ ker\ n}}{0.98 \times \gamma_{soll}} \right) \right]}{S_{soll}}$$

γ_{soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s \geq 15$

muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut, das mit polymermodifiziertem Bindemittel hergestellt ist, verwendet werden. Die Dicke der Ausgleichsschicht darf auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Binder und -Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Tragschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 2,8 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Tragschicht an eine darunterliegende bituminöse Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN.

Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Tragschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,95 e 1,70 MPa liegen.

Der Steifheitsmodul wird in Einklang mit der UNI EN 12697-26, Anhang C bestimmt. Werden für **Steifheitsmodul** Werte über 10 GPa gemessen, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $3 (1 + M^2)$

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 10GPa.

Für Steifheitswerte unter 4,5 GPa wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $5 (1 + M^2)$

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 4,5 GPa.

Wird ein Steifheitswert unter 2,5 GPa kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Wenn die indirekte Zugfestigkeit die Grenzwerte nicht einhält, für SBS-Polymere unter dem Grenzwert, für übermäßigem Bitumengehalt, bzw. weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf oder werden Hohlraumgehalte (sowohl für vor dem Einbau lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Tragschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Tragschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Tragschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Tragschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Tragschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Tragschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren Siebkurve, Scherversuch Leutner, Steifheitsmodul, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 11

RECYCELTES BITUMINÖSES MISCHGUT ZUR HERSTELLUNG VON TRAGSCHICHTEN IM KALTVERFAHREN

Das kaltrecycelte bituminöse Mischgut zur Herstellung von Tragschichten wird direkt vor Ort oder im Werk (fixe oder mobile Anlage) mit geeigneten Maschinen hergestellt. Dies erfolgt entweder durch Einsatz fahrbarer Geräte, mit welchen auf der Baustelle der Ausbauasphalt unter Beigabe von Bitumenemulsion, Zement, Wasser, sowie bei Bedarf mit frischer Gesteinskörnung und Zusatzmitteln, vermischt, eingebaut und verdichtet wird.

Das vorhandene bituminöse, wiederzuverwertende Mischgut, beziehungsweise der Ausbauasphalt, kann aus autorisierten Lagerplätzen oder auch von anderen Straßenbelägen stammen oder er entsteht durch die Zerkleinerung durch Asphaltfräsen unmittelbar am ursprünglichen Einbaort.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt versteht man das Fräsgut, welches durch Abtragen (auch teilweises) von Straßen- oder Flughäfenbelägen gewonnen wird. Das Abtragen der Asphaltbeläge erfolgt durch Fräsmaschinen oder andere geeignete Maschinen (Bagger usw.). Beim Ausbauen mit Bagger muss das Material in geeigneten Anlagen verarbeitet werden. Die Blöcke und Platten müssen zertrümmert und zu einer geeigneten Korngröße zerkleinert werden, damit das Material wiederverwendet werden kann.

Wird die Mischung in (fixen oder mobilen) Anlagen aufbereitet, muss der Ausbauasphalt zur Entfernung des Überkorns (Klumpen, Absplitterungen) über der zugelassenen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden. Dieser Vorgang ist nicht erforderlich, wenn das Kaltrecycling direkt an der Baustelle durch geeignete Verarbeitungs- und Aufbereitungsmaschinen (Pulvimixer) durchgeführt wird.

Für die Zulassung des außerhalb der Baustelle gewonnenen Ausbauasphaltes ist die Einhaltung der Anforderungen nach UNI EN 13108-8 nachzuweisen. Die Sieblinie des Fräsgutes, muss anhand des ausgesiebten bzw. nach einer Behandlung mit dem Pulvimixer erhaltenen Baustellenmaterials, im Nassverfahren bestimmt werden.

2) Ergänzende Gesteinskörnungen

Wenn die Korngrößenverteilung des Ausbauasphalts nicht innerhalb des vorgeschriebenen Sieblinienbereichs liegt oder wenn der Bitumenanteil im Ausbauasphalt größer als 5% ist, muss das Gemisch durch eine frische Gesteinskörnung mit Grob- und Feinkorn ergänzt werden; die zugegebene Gesteinskörnung entsteht aus der Aufbereitung von natürlichen Stoffen (Festgestein, Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinskörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Kenngrößen</i>	<i>Prüfverfahren</i>	<i>Symbol</i>	<i>Einheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	31,5	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Kenngrößen</i>	<i>Prüfverfahren</i>	<i>Symbol</i>	<i>Einheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	100	
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂
Plastizitätsindex	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		NP	-
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	LL	%	≤25	-

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 anfordern.

3) Bindemittel

Das gesamte Bindemittel besteht sowohl aus dem im recycelten Mischgut vorhandenen Bitumen als auch aus der zugemischten Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen.

Für das Kaltrecycling muss eine kationische Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Rest-Bitumengehalt von 60% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C60BP10) verwendet werden, dessen Kennwerte in Tabelle A.3 angeführt sind.

Tabelle A.3

EMULSION AUS MODIFIZIERTEM BITUMEN C60BP10					
<i>Kenngrößen</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Einheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1428	r	%	60+/-1	6
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	-	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
pH-Wert	UNI EN 12850	pH		2 – 4	-
Mischen mit Zement	UNI EN 12848		%	< 2	10
<i>Rückstandsbindemittel nach Ab Destillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1 mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 60	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -13	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 50	5

Der Bauleiter überprüft anhand der in Tabelle A.3 angeführten Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion die Anforderungen erfüllt, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion definiert sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die

Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Jede Lieferung muss durch das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13282-1 gekennzeichnet sein.

5) Wasser

Das Wasser darf keine schädlichen Verunreinigungen enthalten und muss der UNI EN 1008 entsprechen.

6) Gesteinsmischung

Die endgültige Gesteinsmischung muss eine Korngrößenverteilung innerhalb des Sieblinienbereiches nach Tabelle A.4 aufweisen.

Tabelle A.4		
Siebsatz ISO		Siebdurchgang
	mm	%
Sieb	80	100
Sieb	63	95-100
Sieb	40	85-100
Sieb	22.5	70-95
Sieb	10	50-75
Sieb	4	30-48
Sieb	2	20-35
Sieb	0.5	10-18
Sieb	0.063	4-8

Die Korngrößenverteilung des Fräsgutes kann mittels Sieben oder durch Beimischung von Gesteinsmaterial geeigneter Korngröße in den vorgeschriebenen Sieblinienbereich gebracht werden.

B) MISCHGUTANSATZ

Der optimale Gehalt an Zement, Wasser und polymermodifizierter Emulsion und gegebenenfalls die Beigabe von Mineralstoffen wird mit einer gezielten Laborstudie ermittelt.

Zur genauen Erkundung der Eigenschaften des Ausbausphaltes, müssen in dem von den Arbeiten betroffenen Straßenabschnitt alle 500 m, und - bei ungleichmäßiger Beschaffenheit des Straßenkörpers - in geringeren Abständen, Probekörper entnommen werden. Wird der Mischvorgang auf der Baustelle mittels Stabilisierungsmaschinen (Pulvimixer) durchgeführt, müssen die Proben der Gesteinskörnungen für die Studie der Mischung auf der Baustelle entnommen werden, und zwar sofort nachdem der Pulvimixer einen Durchgang vollzogen hat und bevor die Bindemittel ausgebracht werden.

Bevor die geeignete Menge an Bindemittel definiert wird, muss der optimale Wassergehalt ermittelt werden, bezogen auf die Mischung mit 2% Gewicht an Zement, laut der Tabelle B1.

Die Probekörper mit verschiedenen Wassergehalten müssen mit der Gyratorpresse (UNI EN 12697-31), unter folgenden Prüfbedingungen verdichtet werden.

Form für Probekörper	NICHT drainiert
Umdrehungswinkel	1,25° ± 0.02°
Umdrehungsgeschwindigkeit	30 Umdrehungen/min
Vertikaler Druck in kPa:	600 kPa
Durchmesser des Probekörpers:	150mm
Anzahl Umdrehungen:	100

Gewicht des Probekörpers: 2800 g (einschließlich Zement und Wasser)
Sollten größere Elemente die Herstellung von regelmäßigen Probekörpern beeinträchtigen, so muss die Kornfraktion > 20 mm entfernt werden.

Tabelle B.1						
Zement [%]	2,0					
Wassergehalt [%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Probekörper [N°]	3	3	3	3	3	3

Jeder Probekörper muss vor und nach der Verfestigung gewogen werden, um den Prozentanteil von (möglichem) Austrittswasser zu ermitteln.

Die so erhaltenen Probekörper müssen im Trockenschrank bei 40°C bis zur Massenkonzanz getrocknet werden, um die Volumensdichte (UNI EN 12697-6/Verfahrensweise D) zu ermitteln.

Der optimale Wassergehalt ist jener, welcher es erlaubt, den höchsten Dichtewert der (trockenen) Mischung bei einem Wasserausstoß während der Verdichtung von unter 0,5% zu erhalten.

Mit der gleichen Vorgangsweise bei der Verdichtung und dem gleichen optimalen Wassergehalt, müssen Probekörper mit unterschiedlichem Gehalt an Zement und Bitumenemulsion hergestellt werden, so wie in Tabelle B.2 beschrieben.

Tabelle B.2									
Wassergehalt [%]	Optimalgehalt								
Zement [%]	1,5			2,0			2,5		
Bitumenemulsion [%]	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0
Anz. Prüfkörper	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Bei der Berechnung des optimalen Wassergehaltes der Mischung muss auch das in der Emulsion enthaltene Wasser berücksichtigt werden.

Die Probekörper werden nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40 °C im Ofen während 4 h bei 25°C gelagert und einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 12697-23) unterzogen. Diese Probekörper müssen eine indirekte Zugfestigkeit von $IST > 0,35 \text{ MPa}$ aufweisen.

Nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40°C müssen jene Probekörper, welche die Anforderungen der Spaltzugfestigkeit erfüllen, folgende Kennwerte aufweisen:

- Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) – (Horizontalverschiebung $5 \pm 0,2 \text{ } \mu\text{m}$)
- Festigkeitsverlust nach Imbibition bei 25°C, für eine Stunde unter 50 mm Quecksilber - Vakuum

Die für das Projekt optimale Mischung ist jene, welche bei einer Temperatur von 20°C dem kleinsten Steifheitsmodul über 3,0 GPa und eine Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung von über 70% des Ausgangswertes ohne Wasserlagerung besitzt, sowie eine Spaltzugfestigkeit und eine Druckfestigkeit nach Frost-Tau Belastung größer als 50% der unbehandelten Probekörper aufweist.

An der optimalen Mischung muss die Dichte nach 100 Umdrehungen mit der Gyratorpresse gemessen werden, welcher als Referenzwert für die Dichte vor Ort gilt.

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten und für jede Aufbereitungsanlage den Mischgutansatz vorschlagen, den er zu verwenden beabsichtigt. Für jede vorgeschlagene Mischung sind die durchgeführten Untersuchungen ausführlich zu belegen.

Für die Korngrößenverteilung des Mischgutes sind im Vergleich, zu dem vom Bauleiter genehmigten, Mischgutansatz für die recycelte Gesteinskörnung Abweichungen von maximal $\pm 10\%$ und für die beigemischten Gesteinskörnungen von maximal $\pm 5\%$ zulässig. Beim Gehalt an beigemischter Bitumenemulsion sind Abweichungen von höchstens $\pm 0,25\%$ zulässig (bezogen auf den gesamten Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsgutes).

Die Sollwerte gelten sowohl für die beim Einbau entnommenen Probekörper als auch für die von den fertig eingebauten Tragschichten entnommenen Bohrkern.

C) AUFBEREITUNG UND EINBAU DES GEMISCHS

Die Wiederverwertung vor Ort im Kaltverfahren erfolgt durch Einsatz eines Wiederaufbereitungszugs, mit Asphaltfräse, Stabilisiergerät mit Mischraum (pulvimixer), in welchem das Fräsgut zerkleinert und gleichmäßig mit der Bitumenemulsion und dem Zement vermischt wird, und zumindest 2 Walzen.

Die Schicht ist unverzüglich nach der Mischung zu nivellieren und zu verdichten; hierzu sind eine ≥ 180 kN schwere Vibrationswalze mit einstellbarer Rüttelfrequenzen und Rüttelstärke und eine Gummiradwalze mit einem statischen Gewicht von 240 kN.

t einzusetzen.

Das Gemisch ist mit geeigneten Verfahren zu verdichten, damit eine gleichmäßige, genau profilierte Schicht ohne Kiesnester, Rissen oder Ablösungen entsteht.

Statt des fahrbaren Aufbereitungszugs, kann für die Aufbereitung des Mischguts eine mobile, auf der Baustelle positionierte Aufbereitungsanlage eingesetzt werden. Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen. In diesem Fall erfolgt der Einbau mit einem Straßenfertiger dem sofort die Verdichtung folgen muss. Das Verdichtungsverfahren ist dasselbe wie für den Wiederaufbereitungszug.

Der Einbau der kaltrecycelten Tragschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen.

Nach Beendigung des Walzvorganges muss die Schicht, in Abstimmung mit den Erfordernissen der Baustelle, für einige Tage reifen und abtrocknen, bevor sie überdeckt wird. Sind Regenfälle angekündigt, muss die Schicht hingegen sofort geschützt werden. In beiden Fällen wird Emulsion mit langsamer Brechzeit (Typ C60BP10), dieselbe Emulsion, welche zur Erstellung der Mischung dient, verwendet. Die Dosierung der Emulsion beträgt etwa $1,5 \text{ kg/m}^2$; nach dem Ausbringen der Emulsion ist mit Splitt oder Sand abzusplitten.

D) KONTROLLEN

Für die Qualitätskontrolle, der im Kaltverfahren wiederverwerteten, bituminösen Gemische und deren Einbau sind Laborprüfungen an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, sowie Feldversuche durchzuführen.

Der Bauleiter bestimmt den Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen.

Die Eignung aller Bestandteile wird nach den entsprechenden Normen geprüft.

Am Mischgut werden der Wassergehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung (recycelt und beigegeben) festgestellt. Die mit der Gyratorpresse direkt auf der Baustelle hergestellten Probekörper werden einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 12697-23), sowie einer Prüfung des Steifheitsmoduls (UNI EN 12697-26, Anhang C) unterzogen.

90 Tage nach dem Einbau wird der Elastizitätsmodul E mittels einer Maschine, welche mit einem Fallgewicht ausgestattet ist (FWD Falling Weight Deflectometer – Prüfungen), ermittelt. Es können zusätzlich Bohrkernentnahmen zur Überprüfung der mechanischen Eigenschaften des Gemischs und der Schichtstärken durchgeführt werden.

Der Bauleiter kann weiters an den Bohrkernen die Durchführung der Spaltzugfestigkeit (UNI EN 12697-23) sowie des Steifheitsmoduls (UNI EN 12697-26, Anhang C) verlangen.

Nach der Verdichtung darf die **in situ Dichte** (γ_d) von zumindest 95% der Probepunkte in situ den Bezugswert (γ_{labor}) der im Labor mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellten optimalen Vergleichskörper nicht mehr als 97% unterschreiten.

Wenn möglich, muss der Referenzwert die Verdichtung, die mit der an dieser Stelle tatsächlich verwendeten Mischung erzielt wurde, sein. Die Verdichtung erfolgt direkt auf der Baustelle mit einer Gyratorpresse auf einem mobilen Labor. Die Probe, bestehend aus ca. 2800 g Mischung (einschließlich Zement und Wasser), wird mit 100 Umdrehungen verdichtet.

Die Dichtemessungen an trockenen Probenkörpern werden nach UNI EN 12697-6/Verfahren D durchgeführt.

Die **indirekte Zugfestigkeit** nach UNI EN 12697-23 wird entweder 90 Tage nach Fertigstellung der Schicht an entnommenen Probekörpern, oder an Probekörpern ermittelt, welche auf der Baustelle mittels Gyratorpresse (100 Umdrehungen) hergestellt worden und einer Reifung von 72 Stunden bei 40°C in einer Klimakammer und weiteren 4 Stunden bei 25°C unterzogen worden sind. Der Wert darf hier nicht unter 0,35 MPa liegen.

Das **Steifheitsmodul** bei 20°C kann entweder mittels indirekter Zugprüfung (UNI EN 12697-26 mit Deformation von 2 µm) an den auf der Baustelle mit Gyratorpresse (100 Umdrehungen) anhand der projizierten Dichte hergestellten Probekörpern, nach einer Abbindezeit von 72 Stunden bei 40°C und 28 Tagen bei 20°C in der Klimakammer oder 90 Tage nach dem Einbau entnommenen Probekörpern, ermittelt werden. In 95% der untersuchten Proben darf der Wert nicht unter 3,0 GPa liegen.

Bei denselben Proben mit denselben Durchmesser muss der Steifheitsmodul bei 50° C weiters < 75 % des bei 20°C erhaltenen Bezugswertes sein.

Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung mittels *Falling-Weight Deflectometer* – FWD gemessen werden, darf, bezogen auf eine Temperatur von 20°C, das 15. Perzentil den Wert von 3,0 GPa nicht unterschreiten. Bei Werten des Elastizitätsmoduls (15. Perzentil) zwischen 2,0 und 3,0 GPa erfolgt bei der Tragschicht eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 20s + 5s^2$$

wo s die Abweichung zwischen 3 GPa und dem Wert des 15. Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Bei Werten des Elastizitätsmoduls unter 2,0 GPa hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Alternativ kann die Bauleitung die Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen für die entstandenen Mängel veranlassen, welche es erlauben, die Gebrauchstauglichkeit der Tragschicht nach Vorgaben des Projektes zu erreichen.

Für den Fall, dass keine FWD Untersuchungen durchgeführt werden, kann die Abnahme der Arbeiten oder eventuelle Berechnungen der Abzüge, auch mit Bezugnahme auf den an den Probekörpern durch indirekte Zugprüfung ermittelten Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) erfolgen. Hierbei müssen dieselben Kriterien wie für den Elastizitätsmodul Anwendung finden.

Artikel 12

BINDERSCHICHTEN MIT STRASSENBAUBITUMEN

Die Binderschichten aus Heiasphalt mit Straßenbaubitumen bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, Straßenbaubitumen, Zusätzen und Ausbauasphalt (Fräsmaterial).

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Binderschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 30% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥80	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2					
FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt UNI EN 13043. Füller für Binderschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird., oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt (Asphaltgranulat) werden.

In Binderschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 30 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (30 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Binderschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 35 % betragen.

Der Unternehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 35 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats

die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4			Typ 50/70	Typ 70/100
BITUMEN			Sollwerte	Sollwerte
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit		
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Werte nach RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausephalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Anwendung von **Ausbausephalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) unterschiedlicher Art und Natur eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können von Produzenten oder Lieferanten für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauphase) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Binderschichten, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Mineralstoffmischung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5			
BINDERSCHICHT - SIEBKURVE			
		<i>Typ AC20</i>	<i>Typ AC16¹</i>
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang	% Durchgang
Prüfsieb			
Prüfsieb			
Prüfsieb	31,5	100	
Prüfsieb	20	90 - 100	100
Prüfsieb	16		90 - 100
Prüfsieb	10	56 - 68	73 - 80
Prüfsieb	4	37 - 48	42-53
Prüfsieb	2	23 - 33	28-38
Prüfsieb	0,5	9 - 17	11-22
Prüfsieb	0,25	6 - 12	7 -14
Prüfsieb	0,063	4 - 7	4-8
Bitumengehalt in %		4,3 - 5,6	4,5 - 5,8

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die Binderschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ² bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

¹ Der Binder AC16 soll nur dann verwendet werden, wenn Schichtstärken von bis zu 5 cm vorgesehen sind, insbesondere für Überlandstraßen und Radwegen.

² Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$
wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen

Die EG-Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 1, des DPR Nr. 246/93 (System 2+) ausgestellt.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Annahmeprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Binderschichten mit Straßenbaubitumen muss kleiner oder gleich 160°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Binderschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgesprüht. Die Verwendung von kationischen Bitumenemulsionen mit abweichendem Bindemittelgehalt ist zulässig, sofern die am Bindemittel geprüften Kennwerte und die Dosierung gleichbleiben.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Binderschicht auf der Tragschicht) die Restbitumenmenge der Emulsion von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Binderschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3) verwendet. Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus Tabelle D.1 hervor.

Tabelle D.1					
BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die Auflagefläche sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Binderschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radsuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 150°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen)

Der Einbau der Binderschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C³ liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Binderschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120 kN, dann mit Gummiradwalze mit einem Gewicht von mindestens 160 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige Oberfläche ohne Absätze oder Wellen aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Binderschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes für Binderschichten und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden das Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) ermittelt.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, die Menge des Reaktivierungszusatzes, die Raumdicke, der Hohlraumgehalt, die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

³ Wenn es unumgänglich ist, die Binderschicht bei Temperaturen unter 5 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, herkömmliches Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbaubereich, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrkern}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$ muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut verwendet werden, dessen Dicke auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen darf. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Binderschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v : der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Binderschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN.

Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Binderschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Binderschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Binderschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Binderschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Binderschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Siebkurve, Scherversuch Leutner, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 13

BINDERSCHICHTEN MIT STRASSENBAUBITUMEN (Technologie der Warmasphalte)

Die Binderschicht mit Straßenbaubitumen in Warm-Anfertigung besteht aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, Straßenbaubitumen, Zusätzen und Ausbauasphalt (Fräsmaterial).

Die „Warmasphalttechnologie“ ermöglicht das Mischen, den Transport und den Einbau bei Temperaturen, die 30°C - 40°C niedriger sind als jene des entsprechenden Typs des entsprechenden Straßenbaubitumens. Die niedrigere Mischtemperatur ermöglicht eine Verringerung der atmosphärischen Emissionen aufgrund des geringeren Brennstoffverbrauchs bei der Erwärmung der Gesteinskörnung und der Verringerung der vom Mischgut erzeugten Dämpfe und Abgase.

Zusätzlich zu den Umweltaspekten schützt die Möglichkeit, bei niedrigeren Temperaturen zu arbeiten, das Bitumen vor Alterung, d.h. vor Oxidation und Verhärtung, die durch längeren Kontakt mit sehr heißen Gesteinskörnungen verursacht werden.

Um bei niedrigeren Temperaturen arbeiten zu können, können Bitumenaufschäumtechniken, während der Mischphase angewandt werden, chemische Zusätze oder kristalline Kunstharze, Zeolithe oder ähnliche Produkte verwendet werden, oder es können speziell formulierte (bereits additivierte) Bitumen verwendet werden.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphaltsschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und in den Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von bituminösem Mischgut weniger als 120°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse Mischungen mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 30 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥80	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt UNI EN 13043.

Füller für Binderschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{28/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbaus asphalt

Unter Ausbaus asphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird., oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbaus asphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten,

die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, mindestens 30 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (30 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Binderschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 35 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 35 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen.

Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4			BITUMEN		Typ 50/70	Typ 70/100
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte		
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100		
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51		
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10		
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99		
Werte nach RTFOT (163°C)						
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8		
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46		
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45		
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11		

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die

Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Anwendung von **Ausbaupasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) unterschiedlicher Art und Natur eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbaupasphalt), verwendet werden.

Um während des Mischens, des Transports und des Einbaus bei 30 °C - 40 °C niedrigeren Temperaturen als üblich zu arbeiten, können sowohl chemische Zusätze als auch synthetische kristalline Harze (Wachse), oder Zeolithe und ähnliche Produkte verwendet werden (**Warmasphalttechnologie**).

Chemische Zusätze sind oberflächenaktive Stoffe, die auf mikroskopischer Ebene wirken, indem sie die Reibungskräfte an der Grenzfläche zwischen Gesteinskörnung und Bitumen verringern und die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung sowie die Verdichtung des bituminösen Mischguts fördern. Kunstharze werden mit Bitumen vermischt und entfalten ihre Wirkung durch den reversiblen Mechanismus der physikalischen Zustandsänderung Schmelzen/Kristallisieren. Sie haben die Eigenschaft, bei einer Temperatur von etwa 100°C zu schmelzen. Da sie im Bitumen vollständig löslich sind, verringern sie bei über 100 °C die Viskosität des Bindemittels, während sie bei unter 80 °C dessen Steifigkeit erhöhen. Die niedrigere Viskosität bei Misch- und Einbautemperaturen von Asphaltmischgut begünstigt die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung und die Verdichtung des bituminösen Mischguts.

Chemische Zusatzstoffe und Kunstharze können dem Bitumen in der Mischphase zugesetzt werden oder bereits im Bitumen enthalten sein, das vom Hersteller an die Anlage geliefert wird.

Eine alternative Technologie zur Verwendung von Zusatzstoffen ist das teilweise oder vollständige Aufschäumen von Bitumen beim Mischen mit heißen Zuschlagstoffen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Binderschichten, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Mineralstoffmischung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5			
BINDERSCHICHT - SIEBKURVE			
		<i>Typ AC20</i>	<i>Typ AC16¹</i>
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang	% Durchgang
Prüfsieb			
Prüfsieb			
Prüfsieb	31,5	100	
Prüfsieb	20	90 - 100	100
Prüfsieb	16		90 - 100
Prüfsieb	10	56 - 68	73 - 80
Prüfsieb	4	37 - 48	42-53
Prüfsieb	2	23 - 33	28-38
Prüfsieb	0,5	9 - 17	11-22
Prüfsieb	0,25	6 - 12	7 -14
Prüfsieb	0,063	4 - 7	4-8
Bitumengehalt in %		4,3 - 5,6	4,5 - 5,8

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die Binderschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTE TEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ² bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen

¹ Der Binder AC16 soll nur dann verwendet werden, wenn Schichtstärken von bis zu 5 cm vorgesehen sind, insbesondere für Überlandstraßen und Radwegen.

² Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$
 wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Die EG-Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 1, des DPR Nr. 246/93 (System 2+) ausgestellt.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Annahmeprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinkörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinkörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinkörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinkörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinkörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang im Asphaltwerk muss die Temperatur des Mischgutes mit Straßenbaubitumen weniger als oder gleich 150°C betragen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabefäße der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Binderschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgesprüht. Die Verwendung von kationischen Bitumenemulsionen mit abweichendem Bindemittelgehalt ist zulässig, sofern die am Bindemittel geprüften Kennwerte und die Dosierung gleichbleiben.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Binderschicht auf der Tragschicht) die Restbitumenmenge der Emulsion von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Binderschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3) verwendet. Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus Tabelle D.1 hervor.

Tabelle D.1					
BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die Auflagefläche sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Binderschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern

verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 120°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Binderschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Binderschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120 kN, dann mit Gummiradwalze mit einem Gewicht von mindestens 160 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige Oberfläche ohne Absätze oder Wellen aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Binderschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes für Binderschichten und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden das Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) ermittelt.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, die Menge des Reaktivierungszusatzes, die Raumdichte, der Hohlraumgehalt, die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0.98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$ muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut verwendet werden, dessen Dicke auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen darf. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Binderschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Binderschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN.

Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Binderschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Binderschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Binderschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Binderschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Binderschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Siebkurve, Scherversuch Leutner, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 14

BINDER MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN

Binderschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bitumen bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen, Zusatzmitteln und Ausbaumasphalt (Fräsmaterial).

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Binderschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 20% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm (D_{max}=4 mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt in Einklang mit der UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Außerdem müssen Füller die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 20 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recycliertem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (20 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Binderschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 20% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 20% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbausphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbausphal in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das beigegebene Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, d.h. aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausphal, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird. Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit modifiziertem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Binderschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5

BINDER - SIEBKURVE			
		<i>Typ AC20</i>	<i>Typ AC16¹</i>
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang	% Durchgang
Prüfsieb	31,5	100	
Prüfsieb	20	90 - 100	100
Prüfsieb	16		90 - 100
Prüfsieb	10	56 - 68	73 - 80
Prüfsieb	4	37 - 48	42-53
Prüfsieb	2	23 - 33	28-38
Prüfsieb	0,5	11 - 17	16-22
Prüfsieb	0,25	6 - 12	7 -14
Prüfsieb	0,063	4 - 7	4-8
Bitumengehalt in %		4,3 - 5,6	4,5 - 5,8

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Binderschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

¹ Der Binder AC16 soll nur dann verwendet werden, wenn Schichtstärken von bis zu 5 cm vorgesehen sind, insbesondere für Überlandstraßen und Radwegen.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				$1.25^\circ \pm 0.02$	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ² bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Steifheitsmodul bei 20°C – 124ms (**)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	5,5 – 11	V _{min5,5} – V _{max11}
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen

Die EG-Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 1, des DPR Nr. 246/93 (System 2+) ausgestellt.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinkörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

² Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) D R_t / D_c$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, D_c = Bruchdehnung, R_t = Indirekte Zugfestigkeit

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinkörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Binderschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Binderschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Binderschicht auf der Tragschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Binderschicht auf eine bestehende Schicht) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Aufbringen der Haftschrift muss der Auftragnehmer alle Verunreinigungen entfernen und alle porösen und/oder rissigen Stellen mit bituminösem Dichtungsmörtel abdichten.

E) EINBAU

Zum Einbau der Binderschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Binderschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C³ liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Mangelhafte Schichten sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Binderschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120kN, dann mit Gummiradwalzen mit einem Gewicht von mindestens 160 kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Binderschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden das Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnungen, die Raumdicke, der Hohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und der komplexer E-Modul nach UNI EN 12697-26 Anhang C, bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

³ Wenn es unumgänglich ist, die Binderschicht bei Temperaturen unter 5 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, modifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{sol}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0.98 \times \gamma_{\text{sol}}} \right) \right]}{S_{\text{sol}}}$$

γ_{sol} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s \geq 15$

muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut, das mit polymermodifiziertem Bindemittel hergestellt ist, verwendet werden. Die Dicke der Ausgleichsschicht darf auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Binderschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,0 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Binderschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN.

Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Binderschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,85 und 1,60 MPa liegen.

Der Steifheitsmodul wird in Einklang mit der UNI EN 12697-26, Anhang C bestimmt. Werden für **Steifheitsmodul** Werte über 10 GPa gemessen, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = 3 (1+ M²)

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 10 GPa.

Für Steifheitswerte unter 4,5 GPa wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = 5 (1+ M²)

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 4,5 GPa.

Wird ein Steifheitswert unter 2,5 GPa kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Sollte die geringe Höhe der Bohrkern die Durchführung der Prüfung nicht erlauben, wird der Steifheitsmodul an in der Prüfanstalt hergestellten Probekörpern bestimmt Diese werden nach dem Mischgutansatz für das eingebaute Mischgut hergestellt und bis zur Erreichung der vor Ort festgestellten Einbaudichte verdichtet.

Wenn die indirekte Zugfestigkeit die Grenzwerte nicht einhält, für SBS-Polymere unter dem Grenzwert, für übermäßigem Bitumengehalt, bzw. weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf oder werden Hohlraumgehalte (sowohl für vor dem Einbau lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Binderschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Binderschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Binderschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Binderschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Binderschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren Siebkurve, Scherversuch Leutner,

				Steifheitsmodul, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 15

BINDER MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT

(Technologie der Warmasphalte)

Binderschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Ausbauasphalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die das Mischen und den Einbau bei Temperaturen ermöglichen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit in den Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphaltsschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von modifiziertem bituminösem Mischgut weniger als 140°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse Binderschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 20 %, (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt in Einklang mit der UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Außerdem müssen Füller die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbausphalt

Unter Ausbausphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 20 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (20 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Binderschichten mit modifiziertem Bitumen nicht mehr als 20 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 20 % vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design), und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen, Ein polymermodifiziertes Bitumen ist ein mit Elastomeren angereichertes Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Polymermodifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die dem Mischgut eine bessere Verarbeitbarkeit geben.

Mit diesem Bindemittel ist es möglich das Mischen und den Einbau bei Temperaturen durchzuführen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit in den Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabellen A6 und A.7 gewährleistet ist.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im Neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit modifiziertem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Binderschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
BINDER AC 20 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	32.0	100
Prüfsieb	20.0	90 – 100
Prüfsieb	10.0	56 – 68
Prüfsieb	4	37 – 48
Prüfsieb	2	23 – 33
Prüfsieb	0.5	11 – 17
Prüfsieb	0.25	6 – 12
Prüfsieb	0.063	4 – 7
Bitumengehalt in %		4.3 – 5.7

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Binderschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Steifheitsmodul bei 20°C – 124ms (**)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	5,5 – 11	V _{min5,5} – V _{max11}
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung Rt = Indirekte Zugfestigkeit

CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen

Die EG-Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 1, des DPR Nr. 246/93 (System 2+) ausgestellt.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anordnen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinkörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinkörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Binderschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschiicht besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgespritzt. Die Verwendung eines heiß aufgespritzten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgespritzte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Binderschicht auf der Tragschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Binderschicht auf eine bestehende Schicht) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind. Das heiß aufgespritzte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2,0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Aufbringen der Haftschrift muss der Auftragnehmer alle Verunreinigungen entfernen und alle porösen und/oder rissigen Stellen mit bituminösem Dichtungsmörtel abdichten.

E) EINBAU

Zum Einbau der Binderschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Binderschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 5°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Binderschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger, zunächst mittels vibrierender Tandemwalze mit Glattmantel und einem Gewicht von mindestens 120kN, dann mit Gummiradwalzen mit einem Gewicht von mindestens 160kN und anschließend wiederum mit einigen statischen Übergängen der Tandemwalze und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Binderschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngruppenverteilung der Gesteinskörnung festgestellt. An den nach dem Gyrator-Verfahren verdichteten Probekörpern werden das Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Hohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu prüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngruppenverteilung der Gesteinkörnungen, die Raumdicke, der Hohlraumgehalt, die Verbundscherkraft

nach Leutner (SN 670461), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und der komplexer E-Modul nach UNI EN 12697-26 Anhang C, bestimmt.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr kern n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s \geq 15$

muss eine Ausgleichsschicht zum Erreichen der Solldicke (nach Auftragen einer Haftschrift) eingebaut werden. Als Mischgut darf ein für Binderschichten oder für Deckschichten geeignetes Mischgut, das mit polymermodifiziertem Bindemittel hergestellt ist, verwendet werden. Die Dicke der Ausgleichsschicht darf auf keinem Fall weniger als 2,0 cm betragen. Wenn die auszugleichende Schichtstärke weniger als 2 cm beträgt, ist der Ausgleich durch Vergrößerung der Stärke der darüber liegenden Deckschicht herzustellen, oder es muss ein Teil der Binderschicht abgefräst werden bis eine Ausgleichsschicht von mind. 2 cm eingebaut werden kann.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,0 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 7%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (7%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 8 % erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Verankerung der Binderschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN.

Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,85 und 1,60 MPa liegen.

Der Steifheitsmodul wird in Einklang mit der UNI EN 12697-26, Anhang C bestimmt. Werden für **Steifheitsmodul** Werte über 10 GPa gemessen, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $3 (1 + M^2)$

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 10 GPa.

Für Steifheitswerte unter 4,5 GPa wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $5 (1 + M^2)$

wo M: der an den Bohrkernen ermittelt Mittelwert der Abweichung bezogen auf dem Grenzwert 4,5 GPa.

Wird ein Steifheitswert unter 2,5 GPa kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Binderschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Sollte die geringe Höhe der Bohrkerne die Durchführung der Prüfung nicht erlauben, wird der Steifheitsmodul an in der Prüfanstalt hergestellten Probekörpern bestimmt Diese werden nach dem Mischgutansatz für das eingebaute Mischgut hergestellt und bis zur Erreichung der vor Ort festgestellten Einbaudichte verdichtet.

Wenn die indirekte Zugfestigkeit die Grenzwerte nicht einhält, für SBS-Polymere unter dem Grenzwert, für übermäßigem Bitumengehalt, bzw. weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf oder werden Hohlraumgehalte (sowohl für vor dem Einbau lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Bituminöse Binderschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Bituminöse Binderschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Bituminöse Binderschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Bituminöse Binderschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Bituminöse Binderschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 5.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz, Wasserempfindlichkeit
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Bituminöse Binderschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren Siebkurve, Scherversuch Leutner, Steifheitsmodul, indirekte Zugfestigkeit

Artikel 16

HERKÖMMLICHE DECKSCHICHT (mit Straßenbaubitumen)

Herkömmliche Deckschichten aus Heißasphalt bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, Straßenbaubitumen, Zusatzmitteln und Ausbaupasphalt (Fräsmaterial).

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene Deckschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 15% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Norma	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein bestehen und einen Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤20 und einem Polierwert PSV ≥44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert LA > 20 annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥ 70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f_3

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	$V_{30/45}$
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt (Fräsmaterial)

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphalttschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das recycelte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße $D_{\max}$, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In Deckschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 15 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (15 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes

05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit Straßenbaubitumen nicht mehr als 20 % betragen.

Der Unternehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 20 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4			BITUMEN		Typ 50/70	Typ 70/100
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte		
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100		
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51		
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10		
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99		
Werte nach RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1					
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8		
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46		
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45		
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11		

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu

gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da die Art des Zusatzstoffes und dessen Anwendungsweise den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären. Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
SIEBKURVE - DECKSCHICHT AC 12		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.6 – 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 65	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind, die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle müssen dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) \cdot DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit Straßenbaubitumen muss kleiner oder gleich 160°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3) aufgespritzt.

Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgespritzte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge der Emulsion von 0.30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0.35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Die Verwendung von kationischen Bitumenemulsionen mit abweichendem Bindemittelgehalt ist zulässig, sofern die am Bindemittel geprüften Kennwerte und die Dosierung gleichbleiben.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radschienen von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 150°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen)

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunterliegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

² Wenn es unumgänglich ist, die Deckschicht bei Temperaturen unter 10 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, normale Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt. Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr kern}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdicke des Gyrator-Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung), wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 \text{ nc}^2$

wo nc: die Differenz zwischen 35 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4,0 mm liegenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung $\text{LA} \leq 20$ und Polierwert $\text{PSV} \geq 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,65 und 1,45 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

% Abzug = $(10H/0,4)^2 \times 10$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der Griffigkeit der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖßEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen,-Hohlraumgehalt; Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Material, Scherversuch Leutner, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 17

DECKSCHICHT MIT STRASSENBAUBITUMEN (Technologie der Warmasphalte)

Die Deckschicht mit Straßenbaubitumen in Warm-Anfertigung besteht aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, Straßenbaubitumen Zusatzmitteln und Ausbauasphalt (Fräsmaterial).

Die „Warmasphalttechnologie“ ermöglicht das Mischen, den Transport und den Einbau bei Temperaturen, die 30°C - 40°C niedriger sind als jene des entsprechenden Typs des entsprechenden Straßenbaubitumens. Die niedrigere Mischtemperatur ermöglicht eine Verringerung der atmosphärischen Emissionen aufgrund des geringeren Brennstoffverbrauchs bei der Erwärmung der Gesteinskörnung und der Verringerung der vom Mischgut erzeugten Dämpfe und Abgase.

Zusätzlich zu den Umweltaspekten schützt die Möglichkeit, bei niedrigeren Temperaturen zu arbeiten, das Bitumen vor Alterung, d.h. vor Oxidation und Verhärtung, die durch längeren Kontakt mit sehr heißen Gesteinskörnungen verursacht werden.

Um bei niedrigeren Temperaturen arbeiten zu können, können Bitumenaufschäumtechniken, während der Mischphase angewandt werden, chemische Zusätze oder kristalline Kunstharze, Zeolithe oder ähnliche Produkte verwendet werden, oder es können speziell formulierte (bereits additivierte) Bitumen verwendet werden.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphalttschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und in den Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von bituminösem Mischgut weniger als 120°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene bituminöse Deckschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 15 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norma</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein bestehen und einen Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤20 und einem Polierwert PSV ≥44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert LA > 20 annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm (D_{max}=4 mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt (Fräsmaterial)

Unter Ausbauasphalt (recycelt) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das recycelte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In Deckschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, mindestens 15 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (15 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 20 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 20 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt,

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

BITUMEN			Typ 50/70	Typ 70/100
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Werte nach RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da die Art des Zusatzstoffes und dessen Anwendungsweise den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

Um während des Mischens, des Transports und des Einbaus bei 30 °C - 40 °C niedrigeren Temperaturen als üblich zu arbeiten, können sowohl chemische Zusätze als auch synthetische kristalline Harze (Wachse), oder Zeolithe und ähnliche Produkte verwendet werden (**Warmasphalttechnologie**).

Chemische Zusätze sind oberflächenaktive Stoffe, die auf mikroskopischer Ebene wirken, indem sie die Reibungskräfte an der Grenzfläche zwischen Gesteinskörnung und Bitumen verringern und die homogene

Umhüllung der Gesteinskörnung sowie die Verdichtung des bituminösen Mischguts fördern. Kunstharze werden mit Bitumen vermischt und entfalten ihre Wirkung durch den reversiblen Mechanismus der physikalischen Zustandsänderung Schmelzen/Kristallisieren. Sie haben die Eigenschaft, bei einer Temperatur von etwa 100°C zu schmelzen. Da sie im Bitumen vollständig löslich sind, verringern sie bei über 100 °C die Viskosität des Bindemittels, während sie bei unter 80 °C dessen Steifigkeit erhöhen. Die niedrigere Viskosität bei Misch- und Einbautemperaturen von Asphaltmischgut begünstigt die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung und die Verdichtung des bituminösen Mischguts.

Chemische Zusatzstoffe und Kunstharze können dem Bitumen in der Mischphase zugesetzt werden oder bereits im Bitumen enthalten sein, das vom Hersteller an die Anlage geliefert wird.

Eine alternative Technologie zur Verwendung von Zusatzstoffen ist das teilweise oder vollständige Aufschäumen von Bitumen beim Mischen mit heißen Zuschlagstoffen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären. Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
SIEBKURVE - DECKSCHICHT AC 12		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.6 – 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus den Tabellen A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 65	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind, die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle müssen dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) · DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnun.g., Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang im Asphaltwerk muss die Temperatur des Mischgutes mit Straßenbaubitumen weniger als oder gleich 150°C betragen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3) aufgesprüht.

Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiðasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge der Emulsion von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer geprüften Asphaltdecke eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Die Verwendung von kationischen Bitumenemulsionen mit abweichendem Bindemittelgehalt ist zulässig, sofern die am Bindemittel geprüften Kennwerte und die Dosierung gleichbleiben.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiestester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 120°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunterliegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdicke, der Resthohlraumgehalt und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt. Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr kern}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdicke des Gyrator-Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung), wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 nc^2$

wo nc: die Differenz zwischen 35 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4,0 mm liegenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und Polierwert $PSV \geq 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,65 und 1,45 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

% Abzug = $(10H/0,4)^2 \times 10$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen,-Hohlraumgehalt; Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Material, Scherversuch Leutner, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 18

DECKSCHICHT FÜR STRASSEN INNERHALB VON ORTSCHAFTEN

(mit Straßenbaubitumen -Technologie der Warmasphalte)

Deckschichten mit Straßenbaubitumen in Warm-Anfertigung für Straßen innerhalb von Ortschaften bestehen aus nach Gewicht oder Raummaß dosierten, feineren Gesteinskörnungen, normalem Straßenbaubitumen, Ausbauphosphat (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Die „Warmasphalttechnologie“ ermöglicht das Mischen, den Transport und den Einbau bei Temperaturen, die 30°C - 40°C niedriger sind als jene des entsprechenden Typs des entsprechenden Straßenbaubitumens. Die niedrigere Mischtemperatur ermöglicht eine Verringerung der atmosphärischen Emissionen aufgrund des geringeren Brennstoffverbrauchs bei der Erwärmung der Gesteinskörnung und der Verringerung der vom Mischgut erzeugten Dämpfe und Abgase.

Zusätzlich zu den Umweltaspekten schützt die Möglichkeit, bei niedrigeren Temperaturen zu arbeiten, das Bitumen vor Alterung, d.h. vor Oxidation und Verhärtung, die durch längeren Kontakt mit sehr heißen Gesteinskörnungen verursacht werden.

Um bei niedrigeren Temperaturen arbeiten zu können, können Bitumenaufschäumtechniken, während der Mischphase angewandt werden, chemische Zusätze oder kristalline Kunstharze, Zeolithe oder ähnliche Produkte verwendet werden, oder es können speziell formulierte (bereits additivierte) Bitumen verwendet werden.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphalttschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und in den Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von bituminösem Mischgut weniger als 120°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene bituminöse Deckschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 15 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Füller als Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder als Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 30% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein bestehen und einen Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤20 und einem Polierwert PSV ≥44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert LA > 20 annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteismehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt (Fräsmaterial)

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In Deckschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, mindestens 15 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (15 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 20 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 20 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

BITUMEN			Typ 50/70	Typ 70/100
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Werte nach RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

3) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

Um während des Mischens, des Transports und des Einbaus bei 30 °C - 40 °C niedrigeren Temperaturen als üblich zu arbeiten, können sowohl chemische Zusätze als auch synthetische kristalline Harze (Wachse), oder Zeolithe und ähnliche Produkte verwendet werden (**Warmasphalttechnologie**).

Chemische Zusätze sind oberflächenaktive Stoffe, die auf mikroskopischer Ebene wirken, indem sie die Reibungskräfte an der Grenzfläche zwischen Gesteinskörnung und Bitumen verringern und die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung sowie die Verdichtung des bituminösen Mischguts fördern. Kunstharze werden mit Bitumen vermischt und entfalten ihre Wirkung durch den reversiblen Mechanismus der physikalischen Zustandsänderung Schmelzen/Kristallisieren. Sie haben die Eigenschaft, bei einer Temperatur von etwa 100°C zu schmelzen. Da sie im Bitumen vollständig löslich sind, verringern sie bei über 100 °C die Viskosität des Bindemittels, während sie bei unter 80 °C dessen Steifigkeit erhöhen. Die niedrigere Viskosität bei Misch- und Einbautemperaturen von Asphaltmischgut begünstigt die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung und die Verdichtung des bituminösen Mischguts.

Chemische Zusatzstoffe und Kunstharze können dem Bitumen in der Mischphase zugesetzt werden oder bereits im Bitumen enthalten sein, das vom Hersteller an die Anlage geliefert wird.

Eine alternative Technologie zur Verwendung von Zusatzstoffen ist das teilweise oder vollständige Aufschäumen von Bitumen beim Mischen mit heißen Zuschlagstoffen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären. Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC 10 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	12.0	100
Prüfsieb	10.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	75 – 90
Prüfsieb	4	44 – 62
Prüfsieb	2	26 – 40
Prüfsieb	0.5	14 – 22
Prüfsieb	0.25	10 – 16
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.8 – 6.4

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				$1.25^\circ \pm 0.02$	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,5	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 50	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle müssen dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinkörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauphosphat für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauphosphat einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang im Asphaltwerk muss die Temperatur des Mischgutes mit Straßenbaubitumen weniger als oder gleich 150°C betragen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3) mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgesprüht. Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiðasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge der Emulsion von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Die Verwendung von kationischen Bitumenemulsionen mit abweichendem Bindemittelgehalt ist zulässig, sofern die am Bindemittel geprüften Kennwerte und die Dosierung gleichbleiben.

Tabelle D.1

BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen. Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radsuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers darf die Temperatur des bituminösen Mischgutes nicht unter 140°C liegen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 120°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen. Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunterliegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit IST (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit (UNI EN 12697-23) bestimmt. Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte des Gyrator-Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (30% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung), wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 nc^2$

wo nc: die Differenz zwischen 30 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4,0 mm liegen bleibenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und Polierwert $PSV \geq 44$), bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 auf dem losen Mischgut bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 12% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 12 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 12 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 10 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,65 und 1,40 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

% Abzug = $(10H/0,4)^2 \times 10$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne (*)	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Material, Scherversuch Leutner, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55
(*) die Bohrkerne müssen in einem Mindestabstand von einem Meter von festen Hindernissen wie Schächte, Kanalisationen, Kanaldeckel, Brunnen, Bordsteine, usw. entnommen werden				

Artikel 19

DECKSCHICHT MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN

Deckschichten mit modifiziertem Bitumen im Heißmischverfahren, bestehen aus nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifizierten Bitumen, Ausbauspalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung muss eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein bestehen und einen Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤20 und einem Polierwert PSV ≥44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert LA > 20 annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm (D_{max} = 4 mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphalttschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das recyclierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recyclierte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagkörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recycliertem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte

Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 10% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 10% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbausphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbausphal in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, beziehungsweise aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein.

Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechkpunkt (Fraas)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausphal, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten mit modifiziertem Bindemittel müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach

Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die **Anwendung von Ausbauphase** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da die Art des Zusatzstoffes und dessen Anwendungsweise den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt. Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauphase), verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit modifiziertem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (*target composition*) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC12 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.6 – 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1,25° ± 0,02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind, die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen. Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgespritzt. Die Verwendung eines heiß aufgespritzten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgespritzte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen.

Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgespritzte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschrift sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen. Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichendem Dicken ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschrift muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschrift erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

² Wenn es unumgänglich ist, die Deckschrift bei Temperaturen unter 10 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, modifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdicke, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23). Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdicke des Gyrator-Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤ 20 und einem Polierwert PSV ≥ 44 wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung), wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = 0,5 nc²

wo nc: die Differenz zwischen 35 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤ 20 und Polierwert PSV ≥ 44), bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchganges auf dem Sieb ISO 4.0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = 0,5 sa + (0,1 sa)²

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = 2v + 2v²

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = t + 0,2 t²

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS-Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 20

DECKSCHICHT MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT (Technologie der Warmasphalte)

Asphaltdeckschichten mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, im Heißmischverfahren, bestehen aus nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Ausbauphase (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die das Mischen und den Einbau bei Temperaturen ermöglichen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit im Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphalttschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von modifiziertem bituminösem Mischgut weniger als 140°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10 %, (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung muss eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein bestehen und einen Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤20 und einem Polierwert PSV ≥44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert LA > 20 annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt (Fräsmaterial)

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit nicht mehr als 10 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 10 % vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design), und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen. Ein polymermodifiziertes Bitumen ist ein mit Elastomeren angereichertes Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden. Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die dem Mischgut eine bessere Verarbeitbarkeit geben. Mit diesem Bindemittel ist es möglich das Mischen und den Einbau bei Temperaturen durchzuführen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit in den Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen. Das polymermodifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten mit modifiziertem Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabellen A6 und A.7 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit modifiziertem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (*target composition*) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC12 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.6 – 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind, die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = $(\pi/2) D R_t / D_c$
wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, D_c = Bruchdehnung, R_t = Indirekte Zugfestigkeit

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebten Ausbauasphalt für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabefäße der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen

mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1					
EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen. Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen. Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantert werden; der Bereich mit unzureichendem Dicken ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Rads Spuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdicke, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23).

Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern

beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr ker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte des Gyrator-Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 25 \cdot b^2$$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (35% der gesamten zu verwendende Gesteinskörnung), wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 nc^2$$

wo nc: die Differenz zwischen 35 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und Polierwert $PSV \geq 44$), bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchganges auf dem Sieb ISO 4.0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2v + 2v^2$$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%).
Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS-Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 21

DECKSCHICHT FÜR HAUPTSTRASSEN AUSSERHALB VON ORTSCHAFTEN

Deckschichten aus Heiasphalt für Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen, Ausbausphalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Kennzeichnend für die Deckschichten aus Heiasphalt für Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften ist die grobe Gesteinskörnung ohne Gehalt an Karbonatgestein, mit einem erheblichen Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feianteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 20	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	$\leq 1,5$	WA _{24,2}
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥ 44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind. Besteht die feine Gesteinskörnung aus gebrochenen natürlichen Gesteinen mit einem Polierwert PSV ≤ 44 , darf der Rückstand in Gewichtsanteilen am 2 mm-Sieb nicht größer als 20% sein.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥ 70	-
Durchgang bei Sieboffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₅

Der Füller, als vorwiegend bei Sieboffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die nach UNI EN 933-10 bestimmten Korngrößenverteilung des Füllers, gilt die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt (Fräsmaterial)

Unter Ausbauasphalt (rezykliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird, oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt (Asphaltgranulat) werden, und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte

Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Deckschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 10% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 10% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbausphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbausphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, beziehungsweise aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechkpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Änderung des Erweichungspunktes					
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu

gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die Anwendung von Ausbauasphalt (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit modifiziertem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären. Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC 12 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.6 – 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				$1.25^\circ \pm 0.02$	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinkörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauphosphat für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauphosphat einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgespritzt. Die Verwendung eines heiß aufgespritzten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgespritzte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer geätzten Asphaltdecke eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgespritzte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN - C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Fluxmittel	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschrift sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radschienen von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfestigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bitumen, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdicke, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt.

Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

² Wenn es unumgänglich ist, die Deckschicht bei Temperaturen unter 10 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, modifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrkern}}}{0.98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte des Gyrator -Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der Bindemittelgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei **unzureichendem Bitumengehalt** wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt. Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 \cdot nc^2$

wo nc : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4,0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 \cdot sa + (0,1 \cdot sa)^2$

wo sa : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v : Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Verankerung der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abzug auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der Griffigkeit der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS-Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 22

DECKSCHICHT FÜR HAUPTSTRASSEN AUSSERHALB VON ORTSCHAFTEN

(Technologie der Warmasphalte)

Deckschichten aus Warmasphalt für Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Ausbaumasphalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln.

Kennzeichnend für die Deckschichten aus Heißasphalt für Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften ist die grobe Gesteinskörnung ohne Gehalt an Karbonatgestein, mit einem erheblichen Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die das Mischen und den Einbau bei Temperaturen ermöglichen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit im Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphalttschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von modifiziertem bituminösem Mischgut weniger als 140°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10 %, (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind. Besteht die feine Gesteinskörnung aus gebrochenen natürlichen Gesteinen mit einem Polierwert PSV ≤44, darf der Rückstand in Gewichtsanteilen am 2 mm-Sieb nicht größer als 20% sein.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteismehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die nach UNI EN 933-10 bestimmten Korngrößenverteilung des Füllers, gilt die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt (Fräsmaterial)

Unter Ausbauasphalt (rezykliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird, oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit nicht mehr als 10 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 10 % vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design), und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, beziehungsweise aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die Anwendung von Ausbauasphalt (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit modifiziertem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären. Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC 12 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.6 – 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 (Gyrator) hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTE TEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) DRt/Dc$
 wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseibten Ausbauasphalt für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer geätzten Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN - C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Fluxmittel	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Brechkpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfestigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bitumen, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt.

Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr ker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte des Gyrator -Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der Bindemittelgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei **unzureichendem Bitumengehalt** wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt. Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 nc^2$

wo nc : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2v + 2v^2$$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Verankerung der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abzug auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau

entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS-Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 23

DECKSCHICHT AUS HEISSASPHALT MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN UND MIT OPTIMISierter OBERFLÄCHENTEXTUR (zur Lärminderung)

Deckschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bindemittel und mit optimierter Oberflächentextur zur Rollgeräuschminderung AC10, bestehen aus Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen, Ausbauasphalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln, welche nach Gewicht oder Raummaß dosiert werden.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - sieht im Absatz 2.3.4 des Anhangs 1 „Schallemissionen von Straßenbelägen“ folgendes vor: „Das Projekt sieht vor, dass beim Bau neuer Straßen, bei außerordentlichen Instandhaltung - oder Anpassungsarbeiten, Deckschichtmischungen verwendet werden, deren akustische Leistung das in die Umgebung abgestrahlte Rollgeräusch eindämmen. Die Voraussetzung ist, dass es zu keine Leistungsminderungen, einschließlich der Griffbarkeit, kommt“.

Dieses Kriterium gilt für Mischungen für geschlossene Deckschichten gemäß der Norm UNI EN 13108, die sowohl auf Straßen des Hauptnetzes (Kategorie A - B - D der Straßenverkehrsordnung - Gesetzesdekret 285/92, aktualisiert durch das Gesetz Nr. 197 vom 29.12.22) als auch auf Straßen anderer Kategorien, die in jenen Abschnitten eingebaut werden, in die die Umsetzung der Pläne zur Lärmbekämpfung und -eindämmung PCAR (Rahmengesetz 447/95 und nachfolgende Durchführungsdekrete) vorgesehen ist.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung für Baumaterialien (UE) Nr. 305/2011 entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung im Sinne der Anlage ZA der europäischen harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beigelegt sein.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Festgestein, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinskörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 35% der gesamten zu verwendenden Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) nicht karbonatischer Zusammensetzung bestehen, sowie einen Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einen Polierwert PSV ≥ 44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert $LA > 20$ annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu bestimmen. Als Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥ 70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₅

Der Füller mit einer Korngröße unter 0,063 mm besteht aus dem Feinanteil der verwendeten Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteismehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen darüber hinaus die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung der Mischung Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbaus asphalt

Unter Ausbaus asphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbaus asphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagkörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße

Dmax, ausgesiebt (Asphaltgranulat) werden, und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 10% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 10% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

Im Asphaltmischgut für Deckschichten mit modifiziertem Bitumen ist ein Gehalt von Ausbauasphalt (Recyclingasphalt) von höchstens 15% in Anteilen des Gesamtgewichts des Korngemisches zulässig.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung einer größeren Menge Ausbauasphalt vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design), den der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifiziertem Bitumen bestehen. Dieses halbfeste Bitumen wird mit Elastomeren angereichert, wodurch die chemische Struktur und die physikalischen und mechanischen Eigenschaften verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die entsprechenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4 erfüllt, wird vom Bauleiter anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten mit modifiziertem Bindemittel müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das im Heißmischverfahren hergestellte bituminöse Mischgut muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Der Mischguthersteller muss die charakteristische Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mischung der Gesteinskörnung zur Herstellung der bituminösen Verschleißschicht muss eine Korngrößenverteilung aufweisen, welche nach UNI EN 12697-2 bestimmt wird und den in der Tabelle A.5 angeführten Grenzwerten entspricht. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Gesteinskörnung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC10 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	12.0	100
Prüfsieb	10.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	75 – 90
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 22
Prüfsieb	0.25	10 – 16
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.8 – 6.4

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

6) Akustische Leistung

Deckschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bindemittel und mit optimierter Oberflächentextur zur Rollgeräuschkinderung AC10 müssen einen Geräuschemissionspegel LCPX gewährleisten, der nach der Close Proximity - Methode (CPX) gemäß UNI EN ISO 11819-2 ermittelt wird und unter den in der folgenden Tabelle angegebenen Grenzwerten liegt:

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Geschwindigkeit in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
$L_{CPX} + 0$ Grenzwert in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Der LCPX-Wert + 0 bezieht sich auf den Zeitpunkt der Öffnung für den Verkehr.

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers angeführt sind, ob das Mischgut die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 festgelegt, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl an losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch an vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) HERSTELLUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen mit geeigneten Leistungsmerkmalen hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Leistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Mischung gleichmäßig erhitzt und die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet und gesiebt werden, damit die geeignete Korngrößenverteilung erreicht wird. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Jede Anlage muss gewährleisten, dass während der gesamten Aufbereitung das Bitumen die geforderte Temperatur erreicht und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten wird; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig angelegt werden, damit weder Lehm noch Wasseransammlungen zu einer Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen führen können. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnungen vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25 Gewichtsprozent betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Fülltrichter der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgespritzt. Die Verwendung eines heiß aufgespritzten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgespritzte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkwasser zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgespritzte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion angeführt sind, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht mit polymermodifiziertem Bitumen sind leistungsfähige Straßenfertiger mit Vibrationsverdichtung und automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Mängel wie Kornausbrüche, Kiesnester, Risse oder Aussonderung der groben Gesteinskörnung aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau der angrenzenden Bahnen in rascher Folge erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Unregelmäßige, ausgefrante oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden. Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radsuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. Auf fertiggestellten Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen von maximal 5 mm zulässig, welche mittels einer 3 m langen, in beliebiger Richtung aufgesetzten, Richtlatte überprüft werden.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst dann eingebaut werden, wenn der Bauleiter für die darunterliegende Schicht die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit überprüft und bestätigt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

² Wenn es unumgänglich ist, die Deckschicht bei Temperaturen unter 10 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, modifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile der Deckschicht werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23).

Vor Ort werden die **Makrotextur**, die **Griffigkeit** und der **Geräuschemissionspegel** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird gemäß UNI EN 12697-36 bestimmt. Die Dicke eines Bohrkerns wird aus dem Mittelwert von 4 Messungen, welche auf zwei senkrecht zueinanderstehenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern willkürlich festgelegt werden, ermittelt. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wobei s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); sollte die Eignungsprüfung der Mischung fehlen, so wird die Bezugsdichte der Gyrator -Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird gemäß UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wobei b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt ist. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung von LA ≥ 20 und einem Polierwert PSV ≥ 44 wird nach der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (35 Gewichtsprozent der Gesteinskörnung), wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 \text{ nc}^2$$

wobei nc: die Differenz zwischen 35 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und Polierwert $PSV \geq 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung (einschließlich des Feinkornanteils $< ISO 4.0 \text{ mm}$ und des Füllers) ist.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird gemäß UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

wobei sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper sind.

Der Hohlraumgehalt wird gemäß UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2v + 2v^2$$

wobei v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%) ist. Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Haftung** der Deckschicht an der darunterliegenden Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wobei t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN ist. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In der Zeitspanne zwischen 4 und 12 Wochen nach der Verkehrsfreigabe wird der **Geräuschemissionspegel LCPX**, nach der Close Proximity - Methode (CPX) gemäß UNI EN ISO 11819-2 ermittelt. Dieser muss unter den in Tabelle F1 angegebenen Grenzwerten liegen:

Tabelle F.1

Geschwindigkeit in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 Grenzwert in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Das Messprotokoll für die Überprüfung des LCPX-Pegels muss der UNIEN ISO 11819-2 oder ihrer unten beschriebenen vereinfachten Version (empfohlen) entsprechen.

Der zu prüfende Straßenabschnitt muss eine Länge haben von:

- mindestens 200 m
- mindestens 50 % der Länge bei Straßenabschnitten, die länger als 200 m sind;
- mindestens 1000 m bei Ausdehnungen von mehr als 2000 m, unterteilt in Abschnitte von mindestens 200 m, die gleichmäßig über den untersuchten Abschnitt verteilt sind.

Für die Analyse wird der zu untersuchende Abschnitt in gleiche Abschnitte einer Länge von 20 m mit einer maximalen Toleranz von 1 m unterteilt.

Für jede Prüfbedingung muss der Abschnitt mit einer konstanten Geschwindigkeit befahren werden: Die Prüfgeschwindigkeit muss nach Möglichkeit, der für die zu untersuchende Straße zulässigen Höchstgeschwindigkeit entsprechen oder alternativ eine mit der Bauleitung zu vereinbarende niedrigere Geschwindigkeit aufweisen, die aus technischen Gründen oder zur Gewährleistung der Sicherheit von Betreibern und Benutzern erforderlich ist. Die Bauleitung hat die Befugnis, zusätzliche Prüfungen bei niedrigeren Geschwindigkeiten als der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu verlangen.

Der Belag muss vollkommen trocken sein.

Für jeden 20 m langen Abschnitt ist der LCPX-Pegel zu berechnen, indem eine Energiesumme der Abwerteten Pegel des Spektrums in Terzbändern im Bereich 315 - 5000 Hz, die zu diesem Abschnitt gehören, gebildet wird.

Die Prüfdaten sind mindestens auf der Fahrspur in mindestens einer Spurinne jeder der zu prüfenden Fahrspuren zu erheben, wobei nur der in ISO/TS 11819-3 vorgesehene P1-Reifen zu verwenden ist.

Um die Genauigkeit der Ergebnisse zu erhöhen, können zusätzlich zu den bei der Prüfgeschwindigkeit erfassten Daten auch Daten bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten erfasst werden, um den LCPX-Pegel bei der Prüfgeschwindigkeit mittels der linearen Regression zwischen dem Schallpegel und dem Logarithmus der Geschwindigkeit, die anhand der bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten erzielten Ergebnisse berechnet wird, genau zu schätzen.

Die Prüfdaten müssen um die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Lufttemperatur und die Referenzhärte des Reifens zum Zeitpunkt der Messung korrigiert werden, so dass die Ergebnisse auf die Bedingungen von 20 °C Lufttemperatur und 66 Shore A Reifenhärte bezogen werden können.

Das Endergebnis der Prüfung ist der LCPX-Emissionswert, der als Mittelwert der Werte berechnet wird, die über alle 20 m langen Abschnitte ermittelt wurden, auf denen Prüfdaten gesammelt wurden.

Eine Unsicherheitsanalyse, die sich aus dem Mess- und Datenanalyseprotokoll ergibt, wird ebenfalls gemäß ISO/IEC Guide 98-3:2008 durchgeführt, und die mit dem LCPX-Emissionspegel verbundene Unsicherheit wird mit einem 95%igen Abdeckungsfaktor für eine einseitige Normalverteilung ($K=1,645$) berechnet. Von den Berechnungen ausgenommen sind die ersten und letzten 20 m eines jeden Abschnitts, auf dem Prüfdaten gesammelt wurden.

Der CPX-Emissionswert und die damit verbundene Unsicherheit sind auf die erste Dezimalstelle zu runden.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45 , hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Überschreitungen des Geräuschemissionspegels LCPX, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhafter Bestandteile, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und/oder wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie und sichere Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.2				
STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS $\geq 0,40$
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 24

DECKSCHICHT AUS HEISSASPHALT MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN UND MIT OPTIMISierter OBERFLÄCHENTEXTUR (zur Lärminderung - Technologie der Warmasphalte)

Deckschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bindemittel mit Hoher Verarbeitbarkeit und mit optimierter Oberflächentextur zur Rollgeräuschminderung AC10, bestehen aus Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Ausbauasphalt (Fräsmaterial) und Zusatzmitteln, welche nach Gewicht oder Raummaß dosiert werden.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die das Mischen und den Einbau bei Temperaturen ermöglichen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit im Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - sieht im Absatz 2.3.4 des Anhangs 1 „Schallemissionen von Straßenbelägen“ folgendes vor: „Das Projekt sieht vor, dass beim Bau neuer Straßen, bei außerordentlichen Instandhaltung - oder Anpassungsarbeiten, Deckschichtmischungen verwendet werden, deren akustische Leistung das in die Umgebung abgestrahlte Rollgeräusch eindämmen. Die Voraussetzung ist, dass es zu keine Leistungsminderungen, einschließlich der Griffbarkeit, kommt“.

Dieses Kriterium gilt für Mischungen für geschlossene Deckschichten gemäß der Norm UNI EN 13108, die sowohl auf Straßen des Hauptnetzes (Kategorie A - B - D der Straßenverkehrsordnung - Gesetzesdekret 285/92, aktualisiert durch das Gesetz Nr. 197 vom 29.12.22) als auch auf Straßen anderer Kategorien, die in jenen Abschnitten eingebaut werden, in die die Umsetzung der Pläne zur Lärmbekämpfung und -eindämmung PCAR (Rahmengesetz 447/95 und nachfolgende Durchführungsdekrete) vorgesehen ist.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung für Baumaterialien (UE) Nr. 305/2011 entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung im Sinne der Anlage ZA der europäischen harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beigelegt sein.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Festgestein, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinskörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

Ein Anteil von zumindest 35% der gesamten zu verwendenden Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) nicht karbonatischer Zusammensetzung bestehen, sowie einen Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤20 und einen Polierwert PSV ≥44 aufweisen. Die Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert LA > 20 annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert PSV ≥ 48 ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu bestimmen. Als Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller mit einer Korngröße unter 0,063 mm besteht aus dem Feinanteil der verwendeten Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteismehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen darüber hinaus die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung der Mischung Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut vorzugsweise aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt (Asphaltgranulat) werden, und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recycliertem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 10% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 10% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifiziertem Bitumen bestehen. Dieses halbfeste Bitumen wird mit Elastomeren angereichert, wodurch die chemische Struktur und die physikalischen und mechanischen Eigenschaften verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die entsprechenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	5

Ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4 erfüllt, wird vom Bauleiter anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbaurasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Deckschichten mit modifiziertem Bindemittel müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die **Anwendung von Ausbaurasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbaurasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das im Heißmischverfahren hergestellte bituminöse Mischgut muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Der Mischguthersteller muss die charakteristische Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mischung der Gesteinskörnung zur Herstellung der bituminösen Verschleißschicht muss eine Korngrößenverteilung aufweisen, welche nach UNI EN 12697-2 bestimmt wird und den in der Tabelle A.5 angeführten Grenzwerten entspricht. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Gesteinskörnung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
DECKSCHICHT AC10 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	12.0	100
Prüfsieb	10.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	75 – 90
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 22
Prüfsieb	0.25	10 – 16
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		4.8 – 6.4

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus der Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

6) Akustische Leistung

Deckschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bindemittel und mit optimierter Oberflächentextur zur Rollgeräuschminderung AC10 müssen einen Geräuschemissionspegel LCPX gewährleisten, der nach der Close Proximity - Methode (CPX) gemäß UNI EN ISO 11819-2 ermittelt wird und unter den in der folgenden Tabelle angegebenen Grenzwerten liegt:

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Geschwindigkeit in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
$L_{CPX} + 0$ Grenzwert in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Der LCPX-Wert + 0 bezieht sich auf den Zeitpunkt der Öffnung für den Verkehr.

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers angeführt sind, ob das Mischgut die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 festgelegt, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl an losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch an vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) HERSTELLUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen mit geeigneten Leistungsmerkmalen hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Leistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Mischung gleichmäßig erhitzt und die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet und gesiebt werden, damit die geeignete Korngrößenverteilung erreicht wird. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Jede Anlage muss gewährleisten, dass während der gesamten Aufbereitung das Bitumen die geforderte Temperatur erreicht und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten wird; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig angelegt werden, damit weder Lehm noch Wasseransammlungen zu einer Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen führen können. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebten Ausbauasphalt für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnungen vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25 Gewichtsprozent betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Fülltrichter der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprünger aufgespritzt. Die Verwendung eines heiß aufgespritzten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgespritzte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkwasser zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass bei neuen Fahrbahndecken (Einbau der Deckschicht auf der Binderschicht) die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0,30 kg/m², bei Erneuerungsarbeiten (Einbau einer neuen Deckschicht auf eine bestehende) eine solche von 0,35 kg/m² und beim Einbau auf einer gefrästen Asphaltoberfläche eine solche von 0,40 kg/m² aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgespritzte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1					
EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2,0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion angeführt sind, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht mit polymermodifiziertem Bitumen sind leistungsfähige Straßenfertiger mit Vibrationsverdichtung und automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Mängel wie Kornausbrüche, Kiesnester, Risse oder Aussonderung der groben Gesteinskörnung aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau der angrenzenden Bahnen in rascher Folge erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Unregelmäßige, ausgefrante oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden. Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. Auf fertiggestellten Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen von maximal 5 mm zulässig, welche mittels einer 3 m langen, in beliebiger Richtung aufgesetzten, Richtlatte überprüft werden.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst dann eingebaut werden, wenn der Bauleiter für die darunterliegende Schicht die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit überprüft und bestätigt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile der Deckschicht werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23).

Vor Ort werden die **Makrotextur**, die **Griffigkeit** und der **Geräuschemissionspegel** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird gemäß UNI EN 12697-36 bestimmt. Die Dicke eines Bohrkerns wird aus dem Mittelwert von 4 Messungen, welche auf zwei senkrecht zueinanderstehenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern willkürlich festgelegt werden, ermittelt. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wobei s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); sollte die Eignungsprüfung der Mischung fehlen, so wird die Bezugsdichte der Gyrator -Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird gemäß UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wobei b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt ist. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** nicht karbonatischer Natur mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung von LA ≤ 20 und einem Polierwert PSV ≥ 44 wird nach der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch ein unzureichender Gehalt an Grobkorn nicht karbonatischer Natur festgestellt (35 Gewichtsprozent der Gesteinskörnung), wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 \text{ nc}^2$

wobei nc: die Differenz zwischen 35 und dem Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Gesteinskörnung ohne Karbonatgestein mit Widerstand gegen Zertrümmerung LA ≤ 20 und Polierwert PSV ≥ 44 , bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung (einschließlich des Feinkornanteils $< \text{ISO } 4.0 \text{ mm}$ und des Füllers) ist.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird gemäß UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$

wobei sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper sind.

Der Hohlraumgehalt wird gemäß UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2\text{v} + 2\text{v}^2$

wobei v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%) ist. Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Haftung** der Deckschicht an der darunterliegenden Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkkräfte unter 15 kN, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 \text{ t}^2$

wobei t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN ist. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In der Zeitspanne zwischen 4 und 12 Wochen nach der Verkehrsfreigabe wird der **Geräuschemissionspegel LCPX**, nach der Close Proximity - Methode (CPX) gemäß UNI EN ISO 11819-2 ermittelt. Dieser muss unter den in Tabelle F1 angegebenen Grenzwerten liegen:

Tabelle F.1

Geschwindigkeit in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
LCPX+ 0 Grenzwert in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Das Messprotokoll für die Überprüfung des LCPX-Pegels muss der UNIEN ISO 11819-2 oder ihrer unten beschriebenen vereinfachten Version (empfohlen) entsprechen.

Der zu prüfende Straßenabschnitt muss eine Länge haben von:

- mindestens 200 m
- mindestens 50 % der Länge bei Straßenabschnitten, die länger als 200 m sind;
- mindestens 1000 m bei Ausdehnungen von mehr als 2000 m, unterteilt in Abschnitte von mindestens 200 m, die gleichmäßig über den untersuchten Abschnitt verteilt sind.

Für die Analyse wird der zu untersuchende Abschnitt in gleiche Abschnitte einer Länge von 20 m mit einer maximalen Toleranz von 1 m unterteilt.

Für jede Prüfbedingung muss der Abschnitt mit einer konstanten Geschwindigkeit befahren werden: Die Prüfgeschwindigkeit muss nach Möglichkeit, der für die zu untersuchende Straße zulässigen Höchstgeschwindigkeit entsprechen oder alternativ eine mit der Bauleitung zu vereinbarende niedrigere Geschwindigkeit aufweisen, die aus technischen Gründen oder zur Gewährleistung der Sicherheit von Betreibern und Benutzern erforderlich ist. Die Bauleitung hat die Befugnis, zusätzliche Prüfungen bei niedrigeren Geschwindigkeiten als der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu verlangen.

Der Belag muss vollkommen trocken sein.

Für jeden 20 m langen Abschnitt ist der LCPX-Pegel zu berechnen, indem eine Energiesumme der Abwerteten Pegel des Spektrums in Terzbändern im Bereich 315 - 5000 Hz, die zu diesem Abschnitt gehören, gebildet wird.

Die Prüfdaten sind mindestens auf der Fahrspur in mindestens einer Spurrinne jeder der zu prüfenden Fahrspuren zu erheben, wobei nur der in ISO/TS 11819-3 vorgesehene P1-Reifen zu verwenden ist.

Um die Genauigkeit der Ergebnisse zu erhöhen, können zusätzlich zu den bei der Prüfgeschwindigkeit erfassten Daten auch Daten bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten erfasst werden, um den LCPX-Pegel bei der Prüfgeschwindigkeit mittels der linearen Regression zwischen dem Schallpegel und dem Logarithmus der Geschwindigkeit, die anhand der bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten erzielten Ergebnisse berechnet wird, genau zu schätzen.

Die Prüfdaten müssen um die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Lufttemperatur und die Referenzhärte des Reifens zum Zeitpunkt der Messung korrigiert werden, so dass die Ergebnisse auf die Bedingungen von 20 °C Lufttemperatur und 66 Shore A Reifenhärte bezogen werden können.

Das Endergebnis der Prüfung ist der LCPX-Emissionswert, der als Mittelwert der Werte berechnet wird, die über alle 20 m langen Abschnitte ermittelt wurden, auf denen Prüfdaten gesammelt wurden.

Eine Unsicherheitsanalyse, die sich aus dem Mess- und Datenanalyseprotokoll ergibt, wird ebenfalls gemäß ISO/IEC Guide 98-3:2008 durchgeführt, und die mit dem LCPX-Emissionspegel verbundene Unsicherheit wird mit einem 95%igen Abdeckungsfaktor für eine einseitige Normalverteilung ($K=1,645$) berechnet. Von den Berechnungen ausgenommen sind die ersten und letzten 20 m eines jeden Abschnitts, auf dem Prüfdaten gesammelt wurden.

Der CPX-Emissionswert und die damit verbundene Unsicherheit sind auf die erste Dezimalstelle zu runden.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Überschreitungen des Geräuschemissionspegels LCPX, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhafter Bestandteile, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und/oder wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie und sichere Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 25

DECKSCHICHT MIT GUMMIGRANULAT TYP DRY ITALIA

Deckschichten aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit, Zusatzstoffen, Ausbauasphalt und PFU-Gummigranulat. Das Gummigranulat wird direkt in den Mischer während des Mischvorganges beigegeben (Dry Methode).

Bei der traditionellen „dry“ Methode, wird Straßenbaubitumen (nicht modifiziert) eingesetzt und es wird ein kleiner Anteil an Sand durch das Gummigranulat ersetzt. Die „Dry-Italia“ Methode sieht die Verwendung eines polymermodifizierten Bitumens mit hoher Verarbeitbarkeit und ein sehr feines Gummigranulat vor. Es wird nicht der Sand, sondern der Fülleranteil durch Gummigranulat ersetzt, um mögliche Materialausbrüche zu vermeiden. Das verwendete Bitumen garantiert bessere mechanische Eigenschaften, die hohe Verarbeitbarkeit ermöglicht es die auftretenden Emissionen im Mischungs- und Einbauvorgang, einzuschränken.

Die besonderen Eigenschaften der Körnungskurve und die Zugabe vom Gummigranulat ermöglichen es die Rollgeräusche herabzusetzen.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - sieht im Absatz 2.3.4 des Anhangs 1 „Schallemissionen von Straßenbelägen“ folgendes vor: *„Das Projekt sieht vor, dass beim Bau neuer Straßen, bei außerordentlichen Instandhaltung - oder Anpassungsarbeiten, Deckschichtmischungen verwendet werden, deren akustische Leistung das in die Umgebung abgestrahlte Rollgeräusch eindämmen. Die Voraussetzung ist, dass es zu keine Leistungsminderungen, einschließlich der Griffbarkeit, kommt“.*

Dieses Kriterium gilt für Mischungen für geschlossene Deckschichten gemäß der Norm UNI EN 13108, die sowohl auf Straßen des Hauptnetzes (Kategorie A - B - D der Straßenverkehrsordnung - Gesetzesdekret 285/92, aktualisiert durch das Gesetz Nr. 197 vom 29.12.22) als auch auf Straßen anderer Kategorien, die in jenen Abschnitten eingebaut werden, in die die Umsetzung der Pläne zur Lärmbekämpfung und -eindämmung PCAR (Rahmengesetz 447/95 und nachfolgende Durchführungsdekrete) vorgesehen ist.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten Asphalt mit Gummigranulat. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feianteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine.

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	%	≥44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind. Besteht die feine Gesteinskörnung aus gebrochenen natürlichen Gesteinen mit einem Polierwert PSV ≤44, darf der Rückstand in Gewichtsanteilen am 2 mm-Sieb nicht größer als 20% sein.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥60	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Für die nach UNI EN 933-10 bestimmte Korngrößenverteilung der Füller gelten die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13043 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108, Teil 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

2) Ausbaus asphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten mit Gummigranulat muss das rezyklierte Mischgut ausschließlich aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten aus Heißasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, für geschlossene Deckschichten mit Gummigranulat Typ „Dry Italia nicht höher als 10% sein.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen. Polymermodifizierte Bitumen bestehen aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften verändert werden. Polymermodifizierten Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten außer der Anreicherung durch Polymere, einen Anteil an synthetischen, kristallinen Harzen (oder ähnlichen Produkten), die eine bessere Verarbeitung des Mischgutes ermöglichen. Mit diesen Bindemitteln ist es möglich, die Misch – bzw. Einbautemperaturen des Mischgutes um ca. 30°C (bezogen auf Mischgut mit normalem polymermodifiziertem Bitumen) herabzusetzen. Sie fallen somit in den Bereich der sogenannten Warmasphalte. Das polymermodifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit, muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 25-55/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	25-55	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraaß)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1}$ - $7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens

enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

3) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die Eigenschaften des Mischgutes zu verbessern. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, zur Herabsetzung des Rollgeräusches, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabellen A6 und A.7 gewährleistet ist.

Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Im Mischgut des Asphaltes mit Gummigranulat „Dry Italia“ ist eines der Zusatzstoffe **das recycelte Gummigranulat** von Autoreifen PFU, das direkt im Mischer des Werkes beigegeben wird.

In der „Dry Italia“ Methode muss das Gummigranulat eine feine Körnung haben und aus dem Recycling von ausschließlich Lastkraftwagenreifen stammen.

Das Granulat muss folgende Eigenschaften aufweisen:

- Gummireifen zu 100% vulkanisiert
- Keinerlei Fasern, Gewebe, Metall und etlichen schädlichen Materialien beinhalten
- Nach der Aufreibung ist es augenscheinlich ein nicht klebender Staub, mit einem spezifischen Gewicht von $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$
- Anteil an Mineralstaub, Kalziumkarbonat oder Talkstein (verhindert das Verkleben der Körner) nicht über 4 Gewichts % bezogen auf das Gummigranulat
- Wassergehalt unter 2 Gewichts %, um Luftblasen während des Mischvorganges zu vermeiden.

Die Körnungskurve des recycelten Gummigranulates ist in Tabelle A.5 angeführt.

Tabelle A.5		
SIEBKURVE GUMMIGRANULAT		
Serie ISO 525	mm	% Durchgang
Prüfsieb	0,600	100
Prüfsieb	0,425	45-70
Prüfsieb	0,250	5-25
Prüfsieb	0,075	0-5

Der Anteil an recyceltem Gummigranulat muss zwischen 1,0% und 1,4 % bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches liegen.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten beigegeben werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel stattfinden.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Funktionstüchtigkeit der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch hervorhebt, vorlegen.

4) Mischgut

Das verwendete Mischgut für die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“ muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“, muss in einem, in Tabelle A.6 angeführten Durchgangsbereichen liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.6.

Tabelle A.6

ASPHALT MIT GUMMIGRANULAT „Dry Italia“ - SIEBKURVE			
		<i>Typ AR 12</i>	<i>Typ AR 8</i>
Serie ISO	mm	% Durchgang	% Durchgang
Prüfsieb	16	100	
Prüfsieb	12	90 - 100	
Prüfsieb	10	67 - 85	
Prüfsieb	8	53 - 67	100
Prüfsieb	6,3		80 - 95
Prüfsieb	4	24 - 36	40 - 70
Prüfsieb	2	12 - 24	20 - 40
Prüfsieb	1		11 - 25
Prüfsieb	0,5	7 - 14	10 - 19
Prüfsieb	0,25	6 - 11	8 - 15
Prüfsieb	0,063	4 - 8	6 - 12
Bitumengehalt in %		7,0 - 8,5	7,0 - 8,5

Der tatsächliche Bindemittelbedarf wird mittels Eignungsprüfung an mit dem Gyrator-Verdichter hergestellten Probekörpern erfolgen (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt.

Die Kennwerte gehen aus Tabelle A.7 hervor.

Tabelle A.7

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 13	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	5 – 10	V _{min5,0} – V _{max10}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 85	ITSR ₈₅
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,50	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 50	

(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D_G bezeichnet
 (**) An Probekörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter

Probekörper, die mit 50 Umdrehungen bei Temperaturen von 160 °C, 140 °C und 120 °C hergestellt werden, dürfen Raumgewichtsunterschiede von bis zu 2% nicht überschreiten.

6) Akustische Leistung

Deckschichten Gummigranulat „Dry Italia“ müssen einen Geräuschemissionspegel LCPX gewährleisten, der nach der Close Proximity - Methode (CPX) gemäß UNI EN ISO 11819-2 ermittelt wird und unter den in der Tabelle A.8 angegebenen Grenzwerten liegt:

Tabelle A.8

Geschwindigkeit in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 Grenzwert in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Der LCPX-Wert + 0 bezieht sich auf den Zeitpunkt der Öffnung für den Verkehr.

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind, die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

Entlang der Sieblinie des Mischgutes sind im Grobkornbereich folgende Abweichungen zulässig:

- Siebrückstand auf den einzelnen Sieben im Grobkornbereich: Abweichungen von $\pm 5\%$
- Siebrückstand auf den einzelnen Sieben im Feinkornbereich: Abweichungen von $\pm 3\%$
- Sieb 0,063 mm: Abweichungen von $\pm 1,5\%$

Beim Bitumengehalt sind Abweichungen von $\pm 0,3\%$ zulässig.

Diese Grenzwerte gelten für die Prüfung sowohl der beim Einbau entnommenen Mischgutprobekörper als auch der vor Ort entnommenen Bohrkern, bei denen der theoretische Bitumengehalt der Haftschrift zu berücksichtigen ist.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird, darf aber nie unterhalb 30 Sekunden liegen. Die Zugabe der Bestandteile im Mischer muss folgende Reihenfolge berücksichtigen: heißes Mineralstoffgemisch, polymermodifiziertes Bitumen, Füller, Gummigranulat PFU.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“ muss die Auflagefläche (bei neuen oder gefrästen Oberflächen) sorgfältig gereinigt und, wenn vorhanden, die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten zu gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprühergerät aufgesprüht. Hierzu werden modifizierte Bitumenemulsionen mit einer schnellen Brechzeit eingesetzt. Diese werden mit einer eigenen automatischen Vorrichtung aufgesprüht, bis eine wirksame Bindemittelmenge von 0,75 kg/m² vorhanden ist. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“ sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen. Die Schichtstärke muss in einem einzigen Arbeitsgang eingebaut werden, Unterbrechungen und manuelle Eingriffe zur Ausbesserung von Fehlern sollten vermieden werden.

Um eine zu rasche Abkühlung des Mischgutes mit Gummigranulat zu vermeiden, müssen bei Außentemperaturen unter 10°C und/ oder bei Regenfall die Arbeiten eingestellt werden. Aus demselben Grund, wenn der Fertiger für über 15 Minuten halten oder wenn zwischen dem Ausladen der LKW's mehr als 15 Minuten vergehen, müssen die Fertiger verstellt werden, um die Verdichtungsarbeiten zu ermöglichen.

Mangelhafte Schichten sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radschienen von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

In Ausnahmefällen können die Ränder mit den sich auf dem Straßenfertiger befindenden Infrarot-Verkitter erwärmt werden.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Die Verdichtung der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen. Als Verdichtungsgeräte sind statische Walzen mit Glattmantel und einem Gewicht einzusetzen, die die geforderte Verdichtung ermöglichen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“ darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“ und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Bindemittelgehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdicke D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8) die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bitumen, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdicke, der Resthohlraumgehalt und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) bestimmt.

Vor Ort werden die **Makrotextur**, die **Griffigkeit** und der **Geräuschemissionspegel** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen je entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat „Dry Italia“ wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{Soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrkern}}}{0,98 \times \gamma_{\text{Soll}}} \right)}{S_{\text{Soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der Bindemittelgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 b^2$

wo b : auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel der in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten zulässigen Grenzwerte als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt. Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 ncb^2$

wo nc : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 85%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

wo sa : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 85 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 10%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2v + 2v^2$$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (10%).

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 15% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,75 und 1,50 MPa liegen.

Die **Makrotextur** UNI EN 13036-1 wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt. Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“ abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In der Zeitspanne zwischen 4 und 12 Wochen nach der Verkehrsfreigabe wird der **Geräuschemissionspegel LCPX**, nach der Close Proximity - Methode (CPX) gemäß UNI EN ISO 11819-2 ermittelt. Dieser muss unter den in Tabelle F1 angegebenen Grenzwerten liegen:

Tabelle F.1

Geschwindigkeit in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 Grenzwert in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Das Messprotokoll für die Überprüfung des LCPX-Pegels muss der UNIEN ISO 11819-2 oder ihrer unten beschriebenen vereinfachten Version (empfohlen) entsprechen.

Der zu prüfende Straßenabschnitt muss eine Länge haben von:

- mindestens 200 m
- mindestens 50 % der Länge bei Straßenabschnitten, die länger als 200 m sind;
- mindestens 1000 m bei Ausdehnungen von mehr als 2000 m, unterteilt in Abschnitte von mindestens 200 m, die gleichmäßig über den untersuchten Abschnitt verteilt sind.

Für die Analyse wird der zu untersuchende Abschnitt in gleiche Abschnitte einer Länge von 20 m mit einer maximalen Toleranz von 1 m unterteilt.

Für jede Prüfbedingung muss der Abschnitt mit einer konstanten Geschwindigkeit befahren werden: Die Prüfgeschwindigkeit muss nach Möglichkeit, der für die zu untersuchende Straße zulässigen Höchstgeschwindigkeit entsprechen oder alternativ eine mit der Bauleitung zu vereinbarende niedrigere Geschwindigkeit aufweisen, die aus technischen Gründen oder zur Gewährleistung der Sicherheit von Betreibern und Benutzern erforderlich ist. Die Bauleitung hat die Befugnis, zusätzliche Prüfungen bei niedrigeren Geschwindigkeiten als der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu verlangen.

Der Belag muss vollkommen trocken sein.

Für jeden 20 m langen Abschnitt ist der LCPX-Pegel zu berechnen, indem eine Energiesumme der Abwerteten Pegel des Spektrums in Terzbändern im Bereich 315 - 5000 Hz, die zu diesem Abschnitt gehören, gebildet wird.

Die Prüfdaten sind mindestens auf der Fahrspur in mindestens einer Spurrinne jeder der zu prüfenden Fahrspuren zu erheben, wobei nur der in ISO/TS 11819-3 vorgesehene P1-Reifen zu verwenden ist.

Um die Genauigkeit der Ergebnisse zu erhöhen, können zusätzlich zu den bei der Prüfgeschwindigkeit erfassten Daten auch Daten bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten erfasst werden, um den LCPX-Pegel bei der Prüfgeschwindigkeit mittels der linearen Regression zwischen dem Schallpegel und dem Logarithmus der Geschwindigkeit, die anhand der bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten erzielten Ergebnisse berechnet wird, genau zu schätzen.

Die Prüfdaten müssen um die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Lufttemperatur und die Referenzhärte des Reifens zum Zeitpunkt der Messung korrigiert werden, so dass die Ergebnisse auf die Bedingungen von 20 °C Lufttemperatur und 66 Shore A Reifenhärte bezogen werden können.

Das Endergebnis der Prüfung ist der LCPX-Emissionswert, der als Mittelwert der Werte berechnet wird, die über alle 20 m langen Abschnitte ermittelt wurden, auf denen Prüfdaten gesammelt wurden.

Eine Unsicherheitsanalyse, die sich aus dem Mess- und Datenanalyseprotokoll ergibt, wird ebenfalls gemäß ISO/IEC Guide 98-3:2008 durchgeführt, und die mit dem LCPX-Emissionspegel verbundene Unsicherheit wird mit einem 95%igen Abdeckungsfaktor für eine einseitige Normalverteilung ($K=1,645$) berechnet. Von den Berechnungen ausgenommen sind die ersten und letzten 20 m eines jeden Abschnitts, auf dem Prüfdaten gesammelt wurden.

Der CPX-Emissionswert und die damit verbundene Unsicherheit sind auf die erste Dezimalstelle zu runden.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55 , wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45 , hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Überschreitungen des Geräuschemissionspegels LCPX, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	GEPRÜFTE KENNGRÖSSEN
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m³ Einbau	Laut Tabelle A.5
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Deckschicht aus Asphalt mit Gummigranulat Typ „Dry Italia“	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 26

DECKSCHICHTEN AUS SPLITTMASTIXASPHALT

Splittmastixasphalt im Heißmischverfahren hergestellt, besteht aus einem Mineralstoffgemisch mit Ausfallkörnung (Splitt), und einem Mastix, das aus modifiziertem Bitumen als Bindemittel, Füller und stabilisierenden Fasern zusammengesetzt ist.

Die besondere Korngrößenverteilung und die petrographischen Eigenschaften der verwendeten Gesteinskörnungen verbunden mit dem hohen Anteil an polymermodifiziertem Bindemittel ermöglichen die Herstellung einer hochwertigen Deckschicht, mit Bezug auf Widerstandsfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Verformungsbeständigkeit, Rauigkeit und geringe Neigung zur Spurrinnenbildung.

Splittmastixasphalt wird im Heißmischverfahren hergestellt und besteht aus nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, Ausbaumasphalt (Fräsmaterial), polymermodifiziertem Bindemittel, Zusätzen und Fasern.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Für jede Lieferung muss eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-5, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten Splittmastixasphaltes. Sie besteht aus grober und feiner Gesteinskörnung und Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Grobe und feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Bauprodukte zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA _{24,2}
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren Feinkorngruppen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt werden. Besteht die feine Gesteinskörnung aus gebrochenen natürlichen Gesteinen mit einem Polierwert PSV ≤ 44 , darf der Rückstand in Gewichtsanteilen am 2 mm-Sieb nicht größer als 20% sein.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥ 60	-
Durchgang bei Sieboffnung 0,063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₅

Der Füller, als bei Sieboffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus den Feinstanteilen der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteismehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Die nach UNI EN 933-10 bestimmte Korngrößenverteilung des Füllers muss innerhalb des in UNI EN-Norm 13043 angegebenen Bereichs liegen. Die Füller müssen ferner die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	v _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Für die Anforderungen nach UNI EN 13043 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108, Teil 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

2) Ausbauasphalt (UNI EN 13108-8)

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Splittmastix-Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut ausschließlich aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recyclierte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten aus Heißasphalt Typ Splittmastix darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten Typ Splittmastix nicht höher als 10% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 10% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbaumasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbaumasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, beziehungsweise aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene

Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Splittmastix-Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern.

Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

Mikrofasern dienen bei Mischungen mit einem hohen Splitt- und geringem Sandanteil dazu, den Mastix (Füller und Bitumen) zu stabilisieren und die Ablösung vom Splittgerüst zu verhindern. Diese Mikrofasern können aus Zellulose, Glas, Acryl usw. bestehen.

Die Wahl der Fasern, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-5, angebracht sein.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung Deckschichten aus Splittmastix, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5

SPLITTMASTIX SMA 12 - SIEBKURVE		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16	100
Prüfsieb	12	90 – 100
Prüfsieb	10	55 – 75
Prüfsieb	4	28 – 43
Prüfsieb	2	20 – 30
Prüfsieb	0,5	12 – 19
Prüfsieb	0,063	8 – 12
Bitumengehalt in %		6,0 – 7,0

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Dem Mischgut müssen mittels geeigneter Vorrichtungen Fasern im Verhältnis von 0,25% bis 0,40% des Gewichts der Gesteinskörnungen beigegeben werden. Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die Splittmastix-Deckschicht gehen aus der Tabellen A.6 (Gyrator) hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1,25° ± 0,02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	8 – 12	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	2 – 4	V _{min2,0} – V _{max 4}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 60	

(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D_G bezeichnet

(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-5 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = $(\pi/2) D R_t / D_c$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, D_c = Bruchdehnung, R_t = Indirekte Zugfestigkeit

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen, wie etwa Trommelmischer, eingesetzt werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabefäße der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITEN DER EINBAUFLÄCHE

Vor dem Einbau der Splittmastix - Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen.

Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißeasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0.50 kg/m², aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind. Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥ 2.0	6

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht aus Splittmastix sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung zur angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Splittmastix - Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C² liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt ist.

Mangelhafte Schichten sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht aus Splittmastix erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen. Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen, in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht aus Splittmastix darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23).

Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als

² Wenn es unumgänglich ist, die Splittmastix - Deckschicht bei Temperaturen unter 10 °C einzubauen (Fertigstellung dringender Arbeiten, Notwendigkeit der Wiedereröffnung einer Straße, usw.), wird dringend empfohlen, modifizierte Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit zu verwenden.

Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrkern}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Splittmastix wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel der in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten zulässigen Grenzwerte als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert PSV ≥ 44 wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 n_c^2$

wo n_c : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Splittmastix wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2 v^2$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%).
Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Verankerung der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,70 und 1,45 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt. Bei HS-Werten kleiner als 0,5 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Splittmastix - Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,5 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,35 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Splittmastix - Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 60, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 50, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	GEPRÜFTE KENNGRÖSSEN
Deckschicht aus Splittmastix	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht aus Splittmastix	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht aus Splittmastix	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht aus Splittmastix	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht aus Splittmastix	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht aus Splittmastix	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht aus Splittmastix	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Deckschicht aus Splittmastix	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,50
Deckschicht aus Splittmastix	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	PTV ≥ 60

Artikel 27

DECKSCHICHTEN AUS SPLITTMASTIXASPHALT MIT BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT (Technologie der Warmasphalte)

Splittmastixasphalt im Heißmischverfahren hergestellt, besteht aus einem Mineralstoffgemisch mit Ausfallkörnung (Splitt), und einem Mastix, das aus modifiziertem Bitumen als Bindemittel, Füller und stabilisierenden Fasern zusammengesetzt ist.

Die besondere Korngrößenverteilung und die petrographischen Eigenschaften der verwendeten Gesteinskörnungen verbunden mit dem hohen Anteil an polymermodifiziertem Bindemittel ermöglichen die Herstellung einer hochwertigen Deckschicht, mit Bezug auf Widerstandsfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Verformungsbeständigkeit, Rauigkeit und geringe Neigung zur Spurrinnenbildung.

Splittmastixasphalt mit hoher Verarbeitbarkeit wird im Heißmischverfahren hergestellt und besteht aus nach Gewicht oder Raummaß dosierten Gesteinskörnungen, Ausbaumasphalt (Fräsmaterial), polymermodifiziertem Bindemittel mit hoher Verarbeitbarkeit, Zusätzen und Fasern.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphalttschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von modifiziertem bituminösem Mischgut weniger als 140°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse geschlossene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10 %, (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Für jede Lieferung muss eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-5, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten Splittmastixasphaltes. Sie besteht aus grober und feiner Gesteinskörnung und Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Grobe und feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Bauprodukte zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren Feinkorngruppen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt werden. Besteht die feine Gesteinskörnung aus gebrochenen natürlichen Gesteinen mit einem Polierwert PSV ≤44, darf der Rückstand in Gewichtsanteilen am 2 mm-Sieb nicht größer als 20% sein.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥60	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller, als bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus den Feinstanteilen der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller).

Die nach UNI EN 933-10 bestimmte Korngrößenverteilung des Füllers muss innerhalb des in UNI EN-Norm 13043 angegebenen Bereichs liegen. Die Füller müssen ferner die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V ₃₀₄₅
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Für die Anforderungen nach UNI EN 13043 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108, Teil 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

2) Ausbauasphalt (UNI EN 13108-8)

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Splittmastix-Deckschichten muss das rezyklierte Mischgut ausschließlich aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagkörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In geschlossenen Deckschichten Typ Splittmastix darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für geschlossene Deckschichten Typ Splittmastix nicht höher als 10% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 10% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbauasphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbauasphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifizierten Bitumen bestehen, beziehungsweise aus einem mit Elastomeren angereicherten Straßenbaubitumen, dessen chemische Struktur und physikalischen und mechanischen Eigenschaften somit verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraaß)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT					
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der Splittmastix-Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern.

Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen befindenden Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) verwendet werden.

Mikrofasern dienen bei Mischungen mit einem hohen Splitt- und geringem Sandanteil dazu, den Mastix (Füller und Bitumen) zu stabilisieren und die Ablösung vom Splittgerüst zu verhindern. Diese Mikrofasern können aus Zellulose, Glas, Acryl usw. bestehen.

Die Wahl der Fasern, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-5, angebracht sein.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung Deckschichten aus Splittmastix, muss im in Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
SPLITTMASTIX SMA 12 - SIEBKURVE		
Serie ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16	100
Prüfsieb	12	90 – 100
Prüfsieb	10	55 – 75
Prüfsieb	4	28 – 43
Prüfsieb	2	20 – 30
Prüfsieb	0,5	12 – 19
Prüfsieb	0,063	8 – 12
Bitumengehalt in %		6,0 – 7,0

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Dem Mischgut müssen mittels geeigneter Vorrichtungen Fasern im Verhältnis von 0,25% bis 0,40% des Gewichts der Gesteinskörnungen beigegeben werden. Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die Splittmastix-Deckschicht gehen aus den Tabelle A.6 (Gyrator) hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1,25° ± 0,02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	8 – 12	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	2 – 4	V _{min2,0} – V _{max 4}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 60	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnung der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-5 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen, wie etwa Trommelmischer, eingesetzt werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebten Ausbauasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 160°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabefäße der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITEN DER EINBAUFLÄCHE

Vor dem Einbau der Splittmastix - Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen.

Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 0.50 kg/m², aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind. Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥ 2.0	6

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht aus Splittmastix sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung zur angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abkantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radschienen von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der Splittmastix - Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen. Mangelhafte Teile sind unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abzutragen und neu einzubauen.

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt ist.

Mangelhafte Schichten sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der Deckschicht aus Splittmastix erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen. Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern. Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen, in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht aus Splittmastix darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23).

Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrkern}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right)}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G laut Tabelle A.6 bzw.); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Splittmastix wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,3% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel der in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten zulässigen Grenzwerte als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 nc^2$

wo nc : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

wo sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht aus Splittmastix wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2v + 2v^2$$

wo v: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Verankerung der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,70 und 1,45 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt. Bei HS-Werten kleiner als 0,5 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Splittmastix - Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,5 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,35 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Splittmastix - Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 60, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 50, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, Abweichung des Gehaltes an SBS-Polymeren, Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau

entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkerne) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	GEPRÜFTE KENNGRÖSSEN
Deckschicht aus Splittmastix	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Deckschicht aus Splittmastix	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Deckschicht aus Splittmastix	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Deckschicht aus Splittmastix	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Deckschicht aus Splittmastix	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Deckschicht aus Splittmastix	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Deckschicht aus Splittmastix	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS-Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, indirekte Schichtenverbund, Zugfestigkeit
Deckschicht aus Splittmastix	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,50
Deckschicht aus Splittmastix	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	PTV ≥ 60

Artikel 28

DECKSCHICHT MIT HELLEM BINDEMittel FÜR HAUPTSTRASSEN AUSSERHALB VON ORTSCHAFTEN

Deckschichten aus hellem Heißasphalt für Hauptstraßen außerhalb von Ortschaften, bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, natürlichen Gesteinskörnungen, hellem (durchsichtigem) Bindemittel und Zusatzmitteln.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM - Straßen - schreibt in Absatz 2.2.1. des Anhangs 1 „Umweltverträglichkeit des Bauvorhabens“ für neue städtische Straßen vom Typ F und F-bis die Verwendung von Projektlösungen vor, die einen Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI) von mindestens 20 erreichen. Für Parkplätze oder Parkflächen, Parkhäuser, Radwege, Gehsteige, Plätze und Fußgängerwege einen Sonnenreflexionsindex (SRI) von mindestens 29. Für Straßenbeläge in Tunneln ist eine technische - umwelttechnische Bewertung der Zweckmäßigkeit der Verwendung jener Materialien erforderlich, die einen durchschnittlichen Leuchtdichtekoeffizienten - gemäß der Norm UNI 11248 - Straßenbeleuchtung - Auswahl der Beleuchtungskategorien - von mindestens 0,1 aufweisen.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen.

Für jede Lieferung ist eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung, die künstlichen und Recycling-Zuschlagstoffe bilden den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten hellen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten), künstlicher und Recycling-Zuschlagstoffe.

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind. Besteht die feine Gesteinskörnung aus gebrochenen natürlichen Gesteinen mit einem Polierwert PSV ≤ 44 , darf der Rückstand in Gewichtsanteilen am 2 mm-Sieb nicht größer als 20% sein.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥ 70	-
Durchgang bei Sieboffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₅

2) Füller

Bei der Herstellung von Deckschichten mit hellem Bindemittel muss vorwiegend (mindestens 2/3) ein industrieller Füller aus Kalziumkarbonat mit evtl. Zusatz von Kalkhydrat (Kombinationsfüller) verwendet werden. Der restliche Teil kann aus Eigenfüller (vorzugsweise Kalksteinstaub) bestehen, der in jedem Fall eine helle Farbe haben und frei von schwarzen Bitumenresten sein muss.

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	v _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

3) Bindemittel

Das helle (durchsichtige) Bindemittel soll bituminöser Herkunft sein, und polymermodifiziert sein.

Das Bindemittel muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bindemittels und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

HELLES BINDEMITTEL					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 60	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob das helle (durchsichtige) Bindemittel die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der hellen Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen durchsichtigem Bindemittel und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem sich im hellen Bindemittel befindenden Polymertyp nachgewiesen werden. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Um eine **hellere Farbe** zu erzielen, kann der Mischung 0,5 Gew. % Titanbioxid zugesetzt werden.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch auslegt, erbringen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit hellem Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Deckschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5

HELLE DECKSCHICHT AC 12 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16.0	100
Prüfsieb	12.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	72 – 84
Prüfsieb	4	44 – 55
Prüfsieb	2	26 – 36
Prüfsieb	0.5	14 – 20
Prüfsieb	0.25	10 – 15
Prüfsieb	0.063	8 - 12
Bitumengehalt in %		5,5 – 6.5

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus den Tabellen A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,45	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

Die Deckschicht mit hellem (durchsichtigem) Bindemittel muss, wenn sie für Straßenbeläge in Tunneln verwendet wird, einen durchschnittlichen Leuchtdichtekoeffizienten von mindestens 0,1 haben, wie er in der Norm UNI 11248 - Straßenbeleuchtung - Auswahl der lichttechnischen Kategorien, definiert ist.

Wenn Deckschichten mit hellem Bindemittel außerhalb von Tunneln verwendet werden, müssen sie einen Sonnenreflexionsindex (SRI) von mindestens 29 aufweisen.

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das helle Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte helle Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Vor der Herstellung des Mischgutes mit hellem Bitumen muss das Werk sorgfältig gesäubert werden. Damit wird verhindert, dass das helle Mischgut mit Mischgutresten vorhergehender schwarzer Mischungen verschmutzt wird.

Während der gesamten Aufbereitung muss das helle Bindemittel die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bindemittel und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der hellen Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen.

Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht mit hellem Bindemittel sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Vor dem Einbau des hellen Mischgutes müssen Straßenfertiger und alle weiteren zum Einbau erforderlichen Maschinen und Zubehör gesäubert werden. Damit wird verhindert, dass das helle Mischgut mit Mischgutresten vorhergehender schwarzer Mischungen verschmutzt wird. Wird dies nicht eingehalten, muss der verschmutzte Abschnitt vom Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abgetragen und neu eingebaut werden; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radsuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des hellen bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von Rückständen an schwarzem

Bitumen oder anderem verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der hellen Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen.

Mangelhafte Schichten sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der hellen Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Die helle Deckschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des hellen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Haftung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Vor Ort werden die **Makrotextur**, die **Griffigkeit**, und der **Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI)** gemessen. Im Tunnelbereich wird der **durchschnittliche Leuchtdichtekoeffizient** nach UNI-Norm 11248 - Straßenbeleuchtung - Auswahl der lichttechnischen Kategorien, gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohrker n}}}{0.98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte des Gyrator -Prüfkörpers aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bindemittelgehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 n_c^2$

wo n_c : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegendebleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 44$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der Hohlraumgehalt wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2v^2$

wo v : Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Verankerung** der hellen Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,65 und 1,40 MPa liegen.

Die **Makrorauheit** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

% Abzug = $(10H/0,4)^2 \times 10$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die helle Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, unterschreitet der Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI) den Wert 29, unterschreitet der durchschnittliche Leuchtdichtekoeffizient den Wert 0,1, wird der Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Helle Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Helle Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Helle Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Helle Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Helle Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Helle Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Helle Deckschicht	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen; Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Helle Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Helle Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 29

DECKSCHICHTEN MIT HELLEM BINDEMittel FÜR FUSSGÄNGERZONEN UND ORTSSTRASSEN MIT GERINGEM VERKEHR

Deckschichten aus hellem Heißasphalt für Fußgängerzonen und Ortsstraßen mit geringem Verkehr, bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, Gesteinskörnungen, hellem (durchsichtigem) Bindemittel und Zusatzmitteln.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM - Straßen - schreibt in Absatz 2.2.1. des Anhangs 1 „Umweltverträglichkeit des Bauvorhabens“ für neue städtische Straßen vom Typ F und F-bis die Verwendung von Projektlösungen vor, die einen Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI) von mindestens 20 erreichen. Für Parkplätze oder Parkflächen, Parkhäuser, Radwege, Gehsteige, Plätze und Fußgängerwege einen Sonnenreflexionsindex (SRI) von mindestens 29.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Für jede Lieferung ist eine CE Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beizulegen.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung, die künstlichen und Recycling-Zuschlagstoffe bilden den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten hellen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten), künstlicher und Recycling-Zuschlagstoffe.

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1					
GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

Ein Anteil von zumindest 30% der gesamten zu verwendenden Gesteinskörnung, einschließlich des Sands und des Füllers, muss aus grober Gesteinskörnung (Rückstand auf Sieb ISO 4.0 mm) ohne Karbonatgestein bestehen und einen Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert $PSV \geq 44$ aufweisen. Die

Bauleitung kann auf Ansuchen des Auftragnehmers Zuschlagstoffe nicht karbonatischer Natur mit einem Zertrümmerungswert $LA > 20$ annehmen, unter der Voraussetzung, dass der Polierwert $PSV \geq 48$ ist.

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{max} = 4$ mm) zulässig.

Die feine (vorzugsweise von heller Farbe) Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2					
FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥ 70	-
Durchgang bei Sieboffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	F ₅

2) Füller

Bei der Herstellung von Heißeasphalt mit hellem Bindemittel muss vorwiegend (mindestens 2/3) ein industrieller Füller aus Kalziumkarbonat mit evtl. Zusatz von Kalkhydrat (Kombinationsfüller) verwendet werden. Der restliche Teil kann aus Eigenfüller (vorzugsweise Kalksteinstaub) bestehen, der in jedem Fall eine helle Farbe haben und frei von schwarzen Bitumenresten sein muss.

Für die Korngrößenverteilung der Füller gilt die Norm UNI EN 13043.

Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3					
FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

3) Bindemittel

Das helle (durchsichtige) Bindemittel soll bituminöser Herkunft, und polymermodifiziert sein.

Das Bindemittel muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bindemittels und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4angeführt.

Tabelle A.4

HELLES BINDEMITTEL					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 60	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob das helle (durchsichtige) Bindemittel die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des modifizierten Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** der hellen Deckschichten müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen durchsichtigem Bindemittel und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Bei der Auswahl der Art des Zusatzmittels, muss dessen Verträglichkeit mit dem sich im hellen Bindemittel befindenden Polymertyp nachgewiesen werden. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Um eine **hellere Farbe** zu erzielen, kann der Mischung 0,5 Gew. % Titanbioxid zugesetzt werden.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch auslegt, erbringen.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut mit hellem Bindemittel muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5

DECKSCHICHT AC 10 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	12.0	100
Prüfsieb	10.0	90 – 100
Prüfsieb	8.0	75 – 90
Prüfsieb	4	44 – 62
Prüfsieb	2	26 – 40
Prüfsieb	0.5	14 – 22
Prüfsieb	0.25	10 – 16
Prüfsieb	0.063	6 – 10
Bitumengehalt in %		5,5 – 6,8

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Deckschicht gehen aus den Tabellen A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,65 – 1,40	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

Unabhängig von ihrer Anwendung müssen Deckschichten mit hellem Bindemittel einen Sonnenreflexionsindex (SRI) von mindestens 29 aufweisen.

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das helle Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) · DRt/Dc
wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte helle Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Vor der Herstellung des Mischgutes mit hellem Bitumen muss das Werk sorgfältig gesäubert werden. Damit wird verhindert, dass das helle Mischgut mit Mischgutresten vorhergehender schwarzer Mischungen verschmutzt wird.

Während der gesamten Aufbereitung muss das helle Bindemittel die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bindemittel und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabegeräte der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der hellen Deckschicht muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Aufsprüher aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bindemittels ist zulässig, sofern die Bindemittelmenge je Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so ausgesucht werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen nach der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind. Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Deckschicht mit hellem Bindemittel sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Vor dem Einbau des hellen Mischgutes müssen Straßenfertiger und alle weiteren zum Einbau erforderlichen Maschinen und Zubehör gesäubert werden. Damit wird verhindert, dass das helle Mischgut mit Mischgutresten vorhergehender schwarzer Mischungen verschmutzt wird. Wird dies nicht eingehalten, muss der verschmutzte Abschnitt vom Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abgetragen und neu eingebaut werden; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Kiesnester, Risse oder auf die Aussonderung der groben Gesteinskörnung zurückzuführenden Mängel aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Abgebröckelte oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden.

Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radschienen von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des hellen bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von Rückständen an schwarzem

Bitumen oder anderem verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau der hellen Deckschicht muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflagefläche (Planum) unter 10°C liegt und wenn allgemeine Witterungsbedingungen (Regen, Schnee, usw.) eine fachgerechte Durchführung der Arbeiten beeinträchtigen.

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt ist.

Mangelhafte Schichten sind unverzüglich, zu Lasten des Auftragnehmers, abzutragen und neu einzubauen.

Die Verdichtung der hellen Deckschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 3 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 5 mm zulässig.

Die helle Deckschicht darf erst auf die darunter liegende Schicht eingebaut werden, nachdem der Bauleiter für selbe die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit festgestellt hat.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des hellen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle F.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ermittelt. Zudem werden an mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern die Bezugsraumdichte D_G (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Eigenschaften des Mischgutes und die Schichtstärken zu überprüfen.

An den Bohrkernen werden der Bitumengehalt, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Raumdichte, der Resthohlraumgehalt, die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) und die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23). Vor Ort werden die **Makrotextur**, die **Griffigkeit** und der **Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI)** gemessen. der Fahrbahn gemessen.

Die **Schichtdicke** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-36 bestimmt. Der Messwert ergibt sich als Mittelwert aus 4 Messungen auf zwei senkrecht zueinander liegenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern beiläufig angezeichnet werden. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $s + 0,2 s^2$

wo s die wie folgt ermittelte Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{soll}} - S_{\text{gemessen}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{Bohr ker n}}}{0,98 \times \gamma_{\text{soll}}} \right) \right]}{S_{\text{soll}}}$$

γ_{Soll} entspricht dem in der Eignungsprüfung angeführten Wert (D_G in Tabelle A.6); in Ermangelung der Eignungsprüfung wird die Bezugsdichte der Gyrator-Prüfkörper aus dem beim Einbau entnommenen Mischgut als Bezugswert herangezogen.

Ist $s > 15$

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bindemittelgehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b : die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.5 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert PSV ≥ 44 wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert PSV < 44 festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 n_c^2$

wo n_c : der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4,0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert PSV < 44 , bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Siebdurchgangs auf dem Sieb ISO 4,0 mm und des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die Wasserempfindlichkeit wird in Einklang mit der UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $0,5 s_a + (0,1 s_a)^2$

wo s_a : an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 bestimmt. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 6%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die helle Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $2v + 2 v^2$

wo v : Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (6%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 7% erhöht.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt von mehr als 10% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die Verankerung der Deckschicht an die darunterliegende Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

Abzug in % = $t + 0,2 t^2$

wo t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt an den Bohrkernen gemäß UNI EN 12697-23, muss zwischen 0,55 und 1,40 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

% Abzug = $(10H/0,4)^2 \times 10$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem entstandenen Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, unterschreitet der Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI) wird der Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

Tabelle F.1

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Helle Deckschicht	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Helle Deckschicht	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Helle Deckschicht	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Helle Deckschicht	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Helle Deckschicht	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder je 10.000 m ² Einbau	Kennwerte nach Mischgutansatz Wasserempfindlichkeit
Helle Deckschicht	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Helle Deckschicht	Bohrkerne (*)	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Bitumen; Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, Schichtenverbund, indirekte Zugfestigkeit
Helle Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Helle Deckschicht	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	PTV ≥ 55
(*) die Bohrkerne müssen in einem Mindestabstand von einem Meter von festen Hindernissen wie Schächte, Kanalisationen, Kanaldeckel, Brunnen, Bordsteine, usw. entnommen werden				

Artikel 30

VERMÖRTELTES ASPHALTTRAGGERÜST (GROUTED MACADAM) FÜR HALBSTARRE BELÄGE

Halbstarre Beläge bestehen aus einem porösen, mit modifiziertem Bindemittel hergestelltes Mischgut, das mit einem Zementmörtel verfüllt wird (grouted macadam). Das poröse Mischgut für die Herstellung vom Asphaltträgergerüst besteht aus Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen und Zusatzmitteln, welche nach Gewicht oder Raummaß dosiert werden. Die spezielle Kornverteilung der Zuschlagstoffe, zusammen mit dem polymermodifizierten Bitumen bilden die tragende Struktur der halbstarren Beläge. Nach Verlegung des porösen Mischgutes wird dieses mit einem Hochleistungsfließmörtel verfüllt. Dieser Belagstyp hat eine längere Lebensdauer, ist rauer und widerstandsfähiger gegen Deformationen, Spur- und Rinnenbildung.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM - Straßen - schreibt in Absatz 2.2.1. des Anhangs 1 „Umweltverträglichkeit des Bauvorhabens“ für neue städtische Straßen vom Typ F und F-bis die Verwendung von Projektlösungen vor, die einen Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI) von mindestens 20 erreichen. Für Parkplätze oder Parkflächen, Parkhäuser, Radwege, Gehsteige, Plätze und Fußgängerwege einen Sonnenreflexionsindex (SRI) von mindestens 29. Für Straßenbeläge in Tunneln ist eine technische - umwelttechnische Bewertung der Zweckmäßigkeit der Verwendung jener Materialien erforderlich, die einen durchschnittlichen Leuchtdichtekoeffizienten - gemäß der Norm UNI 11248 - Straßenbeleuchtung - Auswahl der Beleuchtungskategorien - von mindestens 0,1 aufweisen.

Dasselbe Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für offene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 10% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten bituminösen Mischungen müssen der Verordnung für Baumaterialien (UE) Nr. 305/2011 entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung im Sinne der Anlage ZA der europäischen harmonisierten UNI EN Norm 13108-7, beigelegt sein. Der Verfüllmörtel muss vom Hersteller durch ein Zertifikat qualifiziert werden, in dem die geforderten Eigenschaften angegeben sind.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Festgestein, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinskörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Polierwert PSV	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu bestimmen. Als Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥70	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Der Füller mit einer Korngröße unter 0,063 mm besteht aus dem Feinanteil der verwendeten Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für das poröse Mischgut müssen darüber hinaus die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbausphalt

Unter Ausbausphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Für den Einsatz in Deckschichten muss das recycelte Mischgut ausschließlich aus dem Fräsen von Deckschichten stammen und in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnungen enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 für Gesteinskörnungen in Erstanwendung angegebenen Eigenschaften entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat), und das Material muss gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden.

In porösen Deckschichten aus Heiasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 10 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (10 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für offene Deckschichten mit modifiziertem Bitumen, die mit Mörtel verfllt werden, nicht höher als 10% sein.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifiziertem Bitumen bestehen. Dieses halbfeste Bitumen wird mit Elastomeren angereichert, wodurch die chemische Struktur und die physikalischen und mechanischen Eigenschaften verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die entsprechenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechkpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynamische Viskosität bei 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> $4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4 erfüllt, wird vom Bauleiter anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

3) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem porösen Mischgut für halbstarre Beläge Zusatzmittel (Haftanreger und/oder spezielle Füller) beigemischt werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnissen, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein.

Bei der Auswahl des Zusatzmittels muss dessen Verträglichkeit mit dem im modifizierten Bitumen verwendeten Polymertyp nachgewiesen werden.

Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die **Anwendung von Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt 2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, das in einem unterschiedlichen Anteil im neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastix können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden.

Da die Art des Zusatzstoffes und dessen Anwendungsweise den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt und bewertet werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Als Alternative den zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

Fasern dienen bei Mischungen mit einem hohen Splitt- und geringem Sandanteil dazu, das Bindemittel (Füller und Bitumen) zu stabilisieren und die Ablösung vom Splittgerüst zu verhindern. Diese Mikrofasern können aus Zellulose, Glas, Acryl usw. bestehen.

Die Wahl der Fasern, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden.

Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, der die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch aufzeigt.

4) Bituminöses Mischgut

Das im Heißmischverfahren hergestellte Asphalttraggerüst (poröses Mischgut) muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Der Mischguthersteller muss die charakteristische Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mischung der Gesteinskörnung eine Korngrößenverteilung aufweisen, welche nach UNI EN 12697-2 bestimmt wird und den in der Tabelle A.5 angeführten Grenzwerten entspricht. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Gesteinskörnung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5

PORÖSES MISCHGUT PA 11 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	16,0	100
Prüfsieb	11,2	90 – 100
Prüfsieb	8	6 – 26
Prüfsieb	5,6	5 – 20
Prüfsieb	4	5 – 17
Prüfsieb	2	5 – 12
Prüfsieb	1	4 – 11
Prüfsieb	0,5	3 – 11
Prüfsieb	0,25	2 – 9
Prüfsieb	0,063	2 – 7
Bitumengehalt in %		3,8 – 4,5

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für das poröse Mischgut gehen aus den Tabelle A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	28 - 30	V10G _{min28}
Hohlraumgehalt bei 50 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	26 - 30	V _{min26} – V _{max30}
Hohlraumgehalt bei 130 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 24	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	> 0,4	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ² bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 30	
(*) Die Raumdichte bei 50 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 50 Umdrehungen am Gyrator - Verdichter					

5) Verfüllmörtel

Hochleistungsfließmörtel für halbstarre Deckschichten bestehen aus werkseitig vorgemischtem Trockenmörtel und (sauberem) Anmachwasser.

Der Trockenmörtel besteht aus einem Zement (Bindemittel) Gesteinskörnungen, Zusatzstoffen und Zusatzmitteln. Die Sieblinie muss im lt. Tabelle A.8 angeführten Durchgangsbereich, bestimmt nach UNI EN 933-10 Norm, liegen.

Tabelle A.8

MÖRTEL D 0,25 - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Siebrückstand
Prüfsieb	0,5	< 5%
Prüfsieb	0,25	<20%

Das Anmachwasser muss frei von schädlichen Verunreinigungen, Ölen, Säuren, Laugen, organischen Stoffen, tonig-schluffigen Anteilen und anderen schädlichen Substanzen sein. Im Zweifelsfall kann die Werksleitung eine Eignungsprüfung nach UNI EN 1008 verlangen.

² Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Die Wassermenge, die je nach Mischverfahren und Porosität des bituminösen Mischgutes unterschiedlich sein kann, muss vom Hersteller auf der Grundlage der Angaben im technischen Datenblatt des Herstellers und in jedem Fall so gewählt werden, dass die erforderliche Fließfähigkeit erreicht wird, um einen Verfüllungsgrad des bituminösen Mischgutes von mindestens 85 % zu erzielen.

Der Frisch – und der Festmörtel, müssen die in Tabelle A.9 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Tabelle A.9					
FRISCH - UND FESTMÖRTEL					
<i>Eigenschaften *</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Marschzeit	UNI EN 445 / RVS 08.16.03	T	sec	< 45	T ₀
Marschzeit nach 30 Min	UNI EN 445 / RVS 08.16.03	T	sec	> 55	T ₃₀
Frishmörtelrohddichte	UNI EN 12350-6 / RVS 08.16.03	F	kg/m ³	> 2000	F ₀
Frishmörtelrohddichte nach 30 Min	UNI EN 12350-6 / RVS 08.16.03	F	kg/m ³	> 2000	F ₃₀
Ausbreitmaß	UNI EN 12706 / RVS 08.16.03	A	mm	>155	A ₀
Ausbreitmaß nach 30 Min	UNI EN 12706 / RVS 08.16.03	A	mm	>150	A ₃₀
Schwinden	UNI EN 12617-4	R	%	< 3	
Frühschwinden 1 Tag	UNI EN 12617-4	R	%	< 1	R ₁
Druckfestigkeit nach 24 h	UNI EN 1015-11		MPa	>15	
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 1015-11		MPa	> 45	
Biegezugfestigkeit nach 24 h	UNI EN 1015-11		MPa	>3	
Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 1015-11		MPa	>6	
Haftfestigkeit	UNI EN 1542		MPa	≥1.5	
Haftfestigkeit nach Frost Tauwechsel	UNI EN 13687-1		MPa	≥1.5	
Kapillare Wasseraufnahme	UNI EN 13057		kg/m ² *h ^{0.5}	≤0.5	
(*) für nicht spezifizierte Leistungen siehe die Vorschriften der RVS 08.16.03					

B) ZULASSUNG DES BITUMINÖSEN MISCHGUTES

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers angeführt sind, ob das Mischgut die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden.

Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 festgelegt, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl an losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch an vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES BITUMINÖSEN MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen mit geeigneten Leistungsmerkmalen hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Leistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Mischung gleichmäßig erhitzt und die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet und gesiebt werden, damit die geeignete Korngrößenverteilung erreicht wird. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern

die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Jede Anlage muss gewährleisten, dass während der gesamten Aufbereitung das Bitumen die geforderte Temperatur erreicht und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten wird; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig angelegt werden, damit weder Lehm noch Wasseransammlungen zu einer Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen führen können. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnungen vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25 Gewichtsprozent betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Deckschichten mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Fülltrichter der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN FÜR DAS BITUMINÖSE MISCHGUT

Vor dem Einbau des porösen Mischgutes muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist. Als Haftschrift wird eine Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen mit einem automatischen Sprühgerät aufgesprüht. Die Verwendung eines heiß aufgesprühten, polymermodifizierten Bitumens ist ebenfalls zulässig, sofern die Bindemittelmenge pro Flächeneinheit unverändert bleibt.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen.

Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißeasphalt eingebaut wird.

Die Dosierung der Haftschrift und die Menge des Bestreuungsmaterials müssen vom Auftragnehmer so gewählt werden, dass der Verbund zwischen den Schichten gewährleistet ist. Der Verbund wird an den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen gemäß der Methode des direkten Scherversuches nach Leutner (SN 670461) gemessen.

Es wird empfohlen, dass die Restbitumenmenge des polymermodifizierten Bitumens der Emulsion oder die heiß aufgespritzte polymermodifizierte Bitumenschicht eine wirksame Bindemittelmenge von 1,2 – 1,5 kg/m², aufweisen.

Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Das heiß aufgesprühte, polymermodifizierte Bindemittel muss die gleichen Eigenschaften wie das Rückstandbindemittel der Haftschrift nach Tabelle D.1 aufweisen.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Kohäsion mit Force ductility bei 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion angeführt sind, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU DES BITUMINÖSEN MISCHGUTES

Zum Einbau des bituminösen Mischgutes für halbstarre Beläge sind leistungsfähige Straßenfertiger mit Vibrationsverdichtung und automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Die Vorschubgeschwindigkeit der Straßenfertiger darf 4 m/min nicht überschreiten, damit die Bohle das Mischgut wirkungsvoll vorverdichten kann. Die Zufuhr des Mischguts muss kontinuierlich erfolgen.

Die mit dem Straßenfertiger hergestellten Schichten müssen einwandfrei profiliert sein und dürfen keine Mängel wie Kornausbrüche, Kiesnester, Risse oder Aussonderung der groben Gesteinskörnung aufweisen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau der angrenzenden Bahnen in rascher Folge erreicht wird.

Sollte dies nicht möglich sein, muss der Rand der bereits eingebauten Bahn mit derselben Bitumenemulsion besprüht werden, die für die Haftschrift verwendet wurde, damit die gute Haftung der angrenzenden Bahn gewährleistet ist.

Unregelmäßige, ausgefrante oder abgerundete Ränder sind mit einem geeigneten Gerät gerade zu schneiden. Die bei Arbeitsunterbrechungen entstehenden Querränder müssen bei Wiederaufnahme des Einbaus gerade abgekantet werden; der Bereich mit unzureichender Dicke ist auszubauen.

Die Längsnähte sind, um mindestens 20 cm gegenüber den darunterliegenden Nähten zu versetzen, wobei zu beachten ist, dass die Längsnähte nie mit den Radspuren von schweren Lastfahrzeugen zusammenfallen.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden.

Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn die Temperatur der Auflage unter 10°C ist oder durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt oder nicht möglich ist. Mangelhafte Teile sind sofort, zu Lasten des Auftragnehmers, unverzüglich abzutragen und neu einzubauen. Die (statische) Verdichtung des porösen Mischgutes erfolgt unmittelbar nach dem Einbau mit dem Straßenfertiger und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Als Verdichtungsgeräte sind Tandemwalzen mit Glattmantel und einem Gewicht von höchstens 120 kN einzusetzen.

Das Verdichtungsverfahren ist so auszuwählen, dass eine möglichst gleichmäßige Verdichtung auf der gesamten Oberfläche erreicht wird, um die Bildung von Rissen oder Ablösungen der neu eingebauten Schicht zu verhindern.

Die fertige Schicht muss eine regelmäßige und profilgerechte Oberfläche aufweisen. Auf fertiggestellten Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen von maximal 5 mm zulässig, welche mittels einer 3 m langen, in beliebiger Richtung aufgesetzten, Richtlatte überprüft werden.

Das bituminöse Mischgut der Deckschicht darf erst dann eingebaut werden, wenn der Bauleiter für die darunterliegende Schicht die Einhaltung der im Projekt vorgegebenen Höhenlage, Profil, Dichte und Tragfähigkeit überprüft und bestätigt hat.

F) ZULASSUNG DES VERFÜLLMÖRTELS

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, die im technischen Datenblatt des Herstellers angeführt sind, ob der Verfüllmörtel die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Der Auftragnehmer ist verpflichtet, der Bauleitung mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten eine Bescheinigung über die Einhaltung dieser Anforderungen vorzulegen, die vor weniger als einem Jahr von einer Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 ausgestellt wurde.

Der halbstarre Belag (grouted macadam) muss, wenn er in Tunneln verwendet wird, einen durchschnittlichen Leuchtdichtekoeffizienten von mindestens 0,1 haben, wie er in der Norm UNI 11248 - Straßenbeleuchtung - Auswahl der lichttechnischen Kategorien, definiert ist.

Wenn der halbstarre Belag (grouted macadam) außerhalb von Tunneln verwendet wird, muss er einen Sonnenreflexionsindex (SRI) von mindestens 29 aufweisen.

G) EINBAU DES VERFÜLLMÖRTELS

Das Asphalttraggerüst darf vor dem Einbringen des Mörtels nicht, bzw. nur im unbedingt erforderlichen Ausmaß befahren werden. Lenkbewegungen, insbesondere im Stand sind so weit zu vermeiden.

Das Verfüllen mit Fließmörtel kann erst erfolgen, nachdem die Bauleitung festgestellt hat, dass das poröse Mischgut die im Projekt angegebenen Anforderungen an Höhe, Form, Dichte (Resthohlraumgehalt) und Tragfähigkeit erfüllt. Der Resthohlraumgehalt wird an zwei Bohrkernen überprüft, die aus homogenen Abschnitten des Belags entnommen werden. Die Bohrkerns müssen mit demselben, ausreichend verdichtetem porösen Mischgut wieder verfüllt werden, das für die Herstellung des Belages verwendet wurde.

Beim Einbringen des Mörtels muss die Kerntemperatur des Asphaltgerüsts zwischen 5°C und 30 °C liegen. Die Kerntemperatur ist an drei repräsentativen Stellen vor jedem Vermörtelungsabschnitt zu bestimmen. Bei Regen - oder Frostgefahr darf nicht vermörtelt werden.

Der Mörtel wird direkt auf der Baustelle nach den Anweisungen des Herstellers mit Wasser angemischt. Die Vermörtelung hat von einem Punkt ausgehend zu erfolgen und soll nicht unterbrochen werden.

Der Mörtel dringt durch Schwerkraft ein, bis die Poren vollständig gesättigt sind. Der im Überschuss vorgelegte Mörtel wird mit Gummischiebern solange verteilt, bis kein Nachsickern des Mörtels beobachtet werden kann. Der Mörtelüberschuss ist durch scharfes Abziehen mit den Gummischiebern zu entfernen.

Geringfügige oberflächliche Blasen, die sich durch aufsteigende Luft gebildet haben dürfen innerhalb einer Stunde nachgeschlämmt werden.

Nach dem Verfüllen muss die Oberfläche gemäß den Anweisungen des Mörtelherstellers geschützt werden, indem sie mit PE-Folien abgedeckt wird, die frühestens nach 48 Stunden (in Ausnahmefällen nach 24 Stunden)

entfernt werden, oder indem der Bereich 24÷48 Stunden lang mit Wasser besprüht wird, oder indem ein hochwirksames Produkt gegen Verdunstung aufgetragen wird.

Nach dem letzten scharfen abziehen dürfen keine Mörtelreste zurückbleiben. Die Gesteinsoberflächen haben sichtbar zu bleiben, um eine makrorauhe Oberfläche zu erhalten, die auch bei nassen Belägen eine gute Rutschfestigkeit¹ gewährleistet.

Der Zeitpunkt der Verkehrsfreigabe wird vom Mörtelhersteller angegeben und hängt maßgebend von den Witterungsbedingungen ab. Ist eine frühere Verkehrsfreigabe erwünscht oder wird die Umgebungstemperatur unterschritten, ist eine Erhärtungsprüfung durchzuführen. Die an der Baustelle hergestellten und unter Baustellenbedingungen gelagerten Mörtelzylinder sind spätestens zum Zeitpunkt der geplanten Verkehrsfreigabe zu prüfen. Die Verkehrsfreigabe darf erfolgen, wenn die Druckfestigkeit die Herstellerangabe überschreitet. Sollte die Herstellerangabe nicht vorhanden sein ist die Mindestdruckfestigkeit für die Verkehrsfreigabe 20 MPa.

H) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle G.1 angeführt.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile des porösen Mischgutes werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt, der Gehalt an Polymeren SBS am extrahierten Bindemittel, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung, der Gehalt an Grobkorn nicht-karbonatischer Natur (UNI EN 932-3), die Bezugsraumdicke D_M (UNI EN 12697-9), der Resthohlraumgehalt (UNI EN 12697-8), die indirekte Zugfestigkeit ITS (UNI EN 12697-23) und die Wasserempfindlichkeit (UNI EN 12697-12) gemessen.

Nach dem Einbau veranlasst der Bauleiter die Entnahme von Bohrkernen, um die Schichtstärken, der Verfüllungsgrad (Menge des Mörtels in den Poren) und die Verbundscherkraft nach Leutner (SN 670461) zu überprüfen.

Vor Ort werden die **Makrotextur** und die **Griffigkeit** der Fahrbahn gemessen. Wird der halbstarre Belag im Tunnelbereich eingebaut, wird der **durchschnittliche Leuchtdichtekoeffizient** nach UNI-Norm 11248 - Straßenbeleuchtung - Auswahl der lichttechnischen Kategorien, gemessen. Wird er für die Realisierung von Parkplätzen oder Parkflächen, Parkhäuser, Radwege, Gehsteige, Plätze und Fußgängerwege verwendet, wird der **Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI)** gemessen.

Die **Schichtdicke** wird gemäß UNI EN 12697-36 bestimmt. Die Dicke eines Bohrkerns wird aus dem Mittelwert von 4 Messungen, welche auf zwei senkrecht zueinanderstehenden Durchmessern, die auf dem Bohrkern willkürlich festgelegt werden, ermittelt. Die Schichtstärke für jeden homogenen Einbauabschnitt, ergibt sich als Mittelwert der Messwerte der entnommenen Bohrkern.

Wird die im Projekt vorgegebene Schichtstärke um mehr als 15% überschritten, trägt der Auftragnehmer die gesamten Kosten, welche aus der Mehrmenge der speziellen Mörtelverfüllung sowie der zusätzlichen Arbeit entstehen.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,2 s^2$$

wobei s die Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

Ist $s > 15$

¹ Um eine hohe Rutschfestigkeit zu erreichen, kann der Belag nach einer ersten Aushärtung mit einer Bürstenmaschine oder nach einer längeren Aushärtungszeit (mindestens 48 Stunden) mit einer Kugelstrahlmaschine oder mit leichtem Buschhämern einer Oberflächenaufrauung unterzogen werden.

hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die halbstarre Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Bindemittelgehalt** wird gemäß UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei **unzureichendem Bitumengehalt** wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für das poröse Mischgut wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 25 \cdot b^2$$

wobei b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt ist. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Der Gehalt an **Grobkorn** mit einem Widerstand gegen Zertrümmerung $LA \leq 20$ und einem Polierwert PSV ≥ 45 wird in Einklang mit der UNI EN 932-3 bestimmt.

Wird im Gemisch Grobkorn aus Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 45$ festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die poröse Deckschicht (grouted macadam) wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 nc^2$$

wo nc: der Gewichtsanteil in % der auf dem Sieb ISO 4.0 mm liegenbleibenden Karbonatgestein oder sonstigen Gesteinskörnungen mit Widerstand gegen Zertrümmerung $LA > 20$ und Polierwert $PSV < 45$, bezogen auf das Gesamtgewicht der Gesteinskörnung, einschließlich des Füllers.

Bei anderen groben Gesteinskörnungen, deren Eigenschaften nicht den geforderten entsprechen (siehe Tabelle A.1), beurteilt die Bauleitung die Zulässigkeit der Mischung und die vorzunehmenden Abzüge.

Die **Wasserempfindlichkeit** wird gemäß UNI EN 12697-12 bestimmt. Sinkt der indirekte Zugfestigkeitswert nach der vorgeschriebenen Wasserbehandlung unter 90%, bezogen auf den an trockenen Probekörpern ermittelten Wert, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für das poröse Mischgut wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

wobei sa: an den Probekörpern ermittelte Abweichungen zwischen 90 und dem prozentuellen Verhältnis zwischen der indirekten Zugfestigkeit der nassen und jener der trockenen Probekörper sind.

Der **Hohlraumgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-8 auf Bohrkerne, die vor der Verfüllung mit dem Mörtel entnommen wurden, bestimmt.

Wird an der fertigen Schicht ein Hohlraumgehalt unter 24% festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Schicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen. Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen Hohlraumgehalt von mehr als 30%, trägt der Auftragnehmer die gesamten Kosten des Verfüllens des Überschusses an Hohlräumen mit Mörtel.

Der **Verfüllungsgrad** wird für einzelne homogene Bereiche durch das Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Volumen des Mörtels in zwei aus dem Belag entnommenen Bohrkernen (im Abstand von ca. 50 cm voneinander) und dem durchschnittlichen Volumen der Hohlräume (UNI EN 12697-8) von zwei aus demselben Bereich entnommenen Bohrkernen (im Abstand von ca. 50 cm voneinander) vor der Verstopfung mit Mörtel bestimmt.

Stehen die beiden vor der Befüllung entnommenen Bohrkernen nicht zur Verfügung, kann auf das Volumen der Hohlräume zurückgegriffen werden, das an zwei Proben von losem Mischgut ermittelt wurde, das mit 50 Umdrehungen der Gyratorpresse oder mit dem Marshall-Verdichtungsgerät (25 Schläge pro Seite) verdichtet wurde. Der so ermittelte Verfüllungsgrad darf nicht weniger als 85 % betragen.

Bei Werten des Verfüllungsgrades unter 85% wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für das poröse Mischgut wie folgt in % gekürzt:

$$\% \text{ Abzug} = gi + 0,2 (gi/2)^2$$

wobei gi der Wert der Abweichung des gefundenen Verfüllungsgrades vom vorgeschriebenen Wert von 85 % ist.

Verfüllungsgradwerte unter 75 % haben den Ausbau der Schicht und ihren anschließenden Wiederaufbau auf Kosten des Auftragnehmers zur Folge, er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Haftung** der porösen Deckschicht an der darunterliegenden Schicht wird auf den von der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen mittels der direkten Scherprüfung nach Leutner (SN 670461) bestimmt.

Für Verbundscherkräfte unter 15 kN, wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht wie folgt in % gekürzt

$$\text{Abzug in \%} = t + 0,2 t^2$$

wobei t: Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen vom zulässigen Wert 15 kN ist. Wird ein Wert unter 5 kN festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist unter der Deckschicht eine Asphalteinlage eingebaut worden, ist der geforderte Scherfestigkeitsmindestwert (ohne Abzug) 12 kN.

Die **indirekte Zugfestigkeit**, bestimmt am porösen Mischgut an mittels Gyratorpresse verdichteten Probekörpern (50 Umdrehungen), muss nicht unter 0,40 MPa liegen.

Die **Makrotextur** wird vor Ort mit der Sandhöhenmethode (mit Glasperlen) gemäß UNI EN 13036-1 bestimmt.

Bei HS-Werten kleiner als 0,4 mm wird folgender prozentualer Abschlag auf den Listenpreis der halbstarren Deckschicht für den gesamten homogenen Abschnitt vorgenommen:

$$\% \text{ Abzug} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

wobei H: der Durchschnitt der Abweichungen der Messwerte vom Mindestwert 0,4 mm ist.

Bei HS-Werten unter 0,30 mm hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Oberfläche mittels Kugelstrahlmaschine oder anderem Aufrauungsverfahren zu behandeln.

In besonderen Fällen kann die Bauleitung die Messung der **Griffigkeit** der Fahrbahn (Reibungswiderstand PTV) mittels Skid-Tester nach UNI EN 13036-4 veranlassen.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 55, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Deckschicht um 1% je Einheitsabweichung gekürzt.

Für PTV-Werte (Pendulum Test Value) < 45, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Deckschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Weisen die grobkörnigen Gesteinskörnungen nicht die geforderten Eigenschaften nach Tabelle A.1 auf, oder werden übermäßiger Bitumengehalt, Abweichungen der indirekten Zugfestigkeit von den zulässigen Grenzwerten, unterschreitet der Sonnenreflexionsindex (Solar Reflectance Index, SRI) den Wert 29, unterschreitet der durchschnittliche Leuchtdichtekoeffizient den Wert 0,1, wird der Hohlraumgehalt (sowohl für vor dem Einbau entnommene lose Mischgutproben als für Bohrkern) unterhalb des niedrigsten Richtwerts festgestellt, wird der Bauleiter über die Annahme des Gemischs und die anzuwendenden Preisminderungen entscheiden.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhafter Bestandteile, Abweichungen der Zusammensetzung des gelieferten Mischgutes vom vereinbarten Mischgutansatz und/oder wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die festgestellten Mängel die einwandfreie und sichere Nutzbarkeit der Verkehrsfläche nicht beeinträchtigen.

**Tabelle H.1**

STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN				
SCHICHT	ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Grouted macadam	Grobe Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.1
Grouted macadam	Feine Gesteinskörnung	Mischanlage	Wöchentlich oder je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.2
Grouted macadam	Füller	Mischanlage	Wöchentlich oder Je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.3
Grouted macadam	Bitumen	Tank	Wöchentlich oder Je 2500 m ³ Einbau	Laut Tabelle A.4
Grouted macadam	Unverdichtetes Mischgut	Straßenfertiger	Täglich oder Je 1.000 m ² Einbau	Bitumen-Hohlraumgehalt; Gehalt an SBS Polymeren, Siebkurve, Gehalt an karbonathaltigem Grobkorn, Hohlraumgehalt, indirekte Zugfestigkeit
Grouted macadam	Bohrkerne für Schichtdicke	Fahrbahndecke	Je 200 m Einbaubahn	Solldicke
Grouted macadam	Bohrkerne	Fahrbahndecke	Je 1000 m Einbaubahn	Hohlraumgehalt Verfüllungsgrad, Scherversuch Leutner
Grouted macadam	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 500 m Einbaubahn	HS ≥ 0,40
Grouted macadam	Fahrbahndecke	Fahrbahndecke	Je 100 m Einbaubahn	PTV ≥ 55

Artikel 31

AUSGLEICHSSCHICHTEN MIT STRASSENBAUBITUMEN

Ausgleichsschichten aus Heißasphalt bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, natürlichen feineren Gesteinskörnungen, Ausbauasphalt, Straßenbaubitumen, Zusatzmitteln und Ausbauasphalt (Fräsmaterial). Dieses Mischgut muss ausschließlich dort eingesetzt werden, wo es die Notwendigkeit ergibt, Verformungen (Wellen, Löcher, Depressionen), der Fahrbahn vor dem Einbau der neuen Deckschicht auszugleichen.

Im Sinne des Ministerialdekrets 05.08.2024 - CAM Straßen wird der Asphalt für Ausgleichsschichten als Binder betrachtet.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Binderschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 30% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beigelegt sein.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Norma	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥80	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2					
FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3					
FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbaus asphalt

Unter Ausbaus asphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltsschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbaus asphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbaus asphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt) werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 30 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (30 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Ausgleichsschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 40 % betragen.

Der Unternehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 40 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulat die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4			Typ 50/70	Typ 70/100
BITUMEN				
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Werte nach RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im Neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden.

Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt) für denselben Zweck verwendet werden.

5) Mischgut

Das heiß hergestellte Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Ausgleichsschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
AUSGLEICHSSCHICHT - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	10.0	100
Prüfsieb	8.0	75 - 100
Prüfsieb	4	44 - 62
Prüfsieb	2	26 - 40
Prüfsieb	0.5	14 - 22
Prüfsieb	0.25	10 - 16
Prüfsieb	0.063	6 - 10
Bitumengehalt in %		4.8 - 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Ausgleichsschicht gehen aus den Tabellen A.6 (Gyrator) hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 50	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle müssen dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseibten Ausbauasphalt für die Herstellung von Heißasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen. Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Mischgut mit Straßenbaubitumen muss kleiner oder gleich 160°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabefäße der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Ausgleichschichten muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3).

Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Die Restbitumenmenge der Emulsion muss 0.40 kg/m², betragen.

Tabelle D.1					
BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Ausgleichsschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 150°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen)

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt ist.

Die Verdichtung der Ausgleichsschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Zur Verdichtung sind vorzugsweise Gummiradwalzen einzusetzen. Es können auch Vibro-Tandemwalzen oder Kombinationswalzen mit Glattmantel mit einem Gewicht von mindestens 100 kN eingesetzt werden, sofern die Leistungsfähigkeit es gestattet, den maximalen Verdichtungsgrad zu erreichen.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung ermittelt

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Ausgleichsschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 25 \cdot b^2$$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Artikel 32

AUSGLEICHSSCHICHTEN MIT STRASSENBAUBITUMEN (Technologie der Warmasphalte)

Ausgleichsschichten aus Heißasphalt bestehen aus, nach Gewicht oder Raummaß dosierten, natürlichen feineren Gesteinskörnungen, Ausbauasphalt, Straßenbaubitumen, Zusatzmitteln und Ausbauasphalt (Fräsmaterial). Dieses Mischgut muss ausschließlich dort eingesetzt werden, wo es die Notwendigkeit ergibt, Verformungen (Wellen, Löcher, Depressionen), der Fahrbahn vor dem Einbau der neuen Deckschicht auszugleichen.

Die „Warmasphalttechnologie“ ermöglicht das Mischen, den Transport und den Einbau bei Temperaturen, die 30°C - 40°C niedriger sind als jene des entsprechenden Typs des entsprechenden Straßenbaubitumens. Die niedrigere Mischtemperatur ermöglicht eine Verringerung der atmosphärischen Emissionen aufgrund des geringeren Brennstoffverbrauchs bei der Erwärmung der Gesteinskörnung und der Verringerung der vom Mischgut erzeugten Dämpfe und Abgase.

Zusätzlich zu den Umweltaspekten schützt die Möglichkeit, bei niedrigeren Temperaturen zu arbeiten, das Bitumen vor Alterung, d.h. vor Oxidation und Verhärtung, die durch längeren Kontakt mit sehr heißen Gesteinskörnungen verursacht werden.

Um bei niedrigeren Temperaturen arbeiten zu können, können Bitumenaufschäumtechniken, während der Mischphase angewandt werden, chemische Zusätze oder kristalline Kunstharze, Zeolithe oder ähnliche Produkte verwendet werden, oder es können speziell formulierte (bereits additivierte) Bitumen verwendet werden.

Im Sinne des Ministerialdekrets 05.08.2024 - CAM Straßen wird der Asphalt für Ausgleichsschichten als Binder betrachtet.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „*Einbautemperatur von bituminösen Asphaltsschichten*“ fest, dass bei städtischen Straßen und in den Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von bituminösem Mischgut weniger als 120°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „*Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten*“ für bituminöse Binderschichten mit Straßenbaubitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 30 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, vor.

Da im Sinne des Ministerialdekrets 05.08.2024 - CAM Straßen der Asphalt für Ausgleichsschichten als Binder betrachtet wird, muss der Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material 30 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, sein.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baumaterialien entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung, im Sinne der Anlage ZA der europäisch harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beigelegt sein.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entsteht durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Fels, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und das Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministers für Infrastrukturen und des Transportwesens vom 16. November 2009 entsprechen.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt werden.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norma</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥80	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des von Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller, als vorwiegend bei Sieböffnung 0,063 mm durchgehende Korngruppe, besteht aus dem Feinanteil der Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen die Voraussetzungen nach Tabelle A.3 erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt an trocken verdichtetem Füller nach Rigden	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung durch Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Gesteinskörnungsproduzenten enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (recycliertes Fräsmaterial) versteht man das bituminöse Mischgut, welches aus Schollen der mit herkömmlichen Mitteln aufgebrochenen Asphaltschichten gewonnen, und in Brechanlagen aufbereitet wird. Oder das auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Vorrichtungen gewonnene Fräsgut (daher der Name Fräsmaterial).

Der Ausbauasphalt, der gemäß UNI EN 13108-8 qualifiziert werden muss, kann aus der Abtragung einer beliebigen bituminösen Schicht stammen, muss aber in jedem Fall grobe und feine Gesteinskörnung enthalten, die den in den Tabellen A.1 und A.2 geforderten Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten mit Straßenbaubitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, mindestens 30 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (30 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Ausgleichsschichten mit Normalbitumen nicht mehr als 40 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 40 % vorschlagen, sofern geeignete Produktionsanlagen oder innovative Technologien, Zusatzstoffe, speziell formulierte bituminöse Bindemittel und jedes andere Produkt verwendet werden, das in der Lage ist, die durch die Verwendung einer größeren Menge an recyceltem Asphaltgranulats verursachte Leistungsminderung auszugleichen. In diesem Fall muss der Auftragnehmer zusammen mit der Eignungsprüfung einen CAM-Bericht vorlegen, in dem die vorgeschlagenen Materialien und Technologien beschrieben werden.

Dieser Bericht muss die spezifischen Produktions- und Ausführungstechnologien und die zu verwendenden Materialien erläutern und von technisch-wissenschaftlichen Unterlagen, Laborstudien und realen Anwendungen begleitet werden, um zu beweisen, dass die größere Menge an bituminösem Asphaltgranulats die Nutzungsdauer des Belags nicht beeinträchtigt, d.h. dass das vorgeschlagene Mischgut eine Leistung aufweist, die nicht schlechter ist als die des ausgeschriebenen Projekts und alle Leistungsanforderungen der spezifischen technischen Normen erfüllt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklassen 50/70 oder 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Bei hohen Temperaturen ist die Verwendung von Bitumen der Klasse 50/70 vorzuziehen. Das Bitumen muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis der harmonisierten Norm UNI EN 14023, angebracht sein. Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4

BITUMEN			Typ 50/70	Typ 70/100
Eigenschaften	Bezugsnorm	Maßeinheit	Sollwerte	Sollwerte
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Löslichkeit	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Werte nach RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Massenänderung	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob das Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers des Bitumens enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigegeben werden, um die vorgegebenen Eigenschaften des Asphaltmischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung, verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftvermittler und/oder spezielle Füller) beigegeben werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnisse, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass der Wasserempfindlichkeitswiderstand der Mischung nach Tabelle A6 gewährleistet ist.

Die Anwendung von **Ausbauasphalt** (Fräsmaterial) kann auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Einschränkung, zu einer Versteifung des Mastix führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Diese wird durch das Schmelzen vom Altbitumen verursacht, dass in einem unterschiedlichen Anteil im Neuen Füller-Bitumen Mastix aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Mastixes, können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da Typ und Anwendung den alten Bindemittelanteil reaktivieren, muss die Menge im Labor, unter Berücksichtigung der mechanischen (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul) und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes, bestimmt werden. Die Wahl des Zusatzstoffes, das technische Datenblatt, der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes, müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Auflösung im Bindemittel gewährleistet wird. Der Produzent muss einen Nachweis, welches die Eignung der eingesetzten Zusatzstoffe, für den spezifischen Gebrauch aufzeigt, erbringen.

Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können für denselben Zweck speziell zusammengestellte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauasphalt), verwendet werden.

Um während des Mischens, des Transports und des Einbaus bei 30 °C - 40 °C niedrigeren Temperaturen als üblich zu arbeiten, können sowohl chemische Zusätze als auch synthetische kristalline Harze (Wachse), oder Zeolithe und ähnliche Produkte verwendet werden (**Warmasphalttechnologie**).

Chemische Zusätze sind oberflächenaktive Stoffe, die auf mikroskopischer Ebene wirken, indem sie die Reibungskräfte an der Grenzfläche zwischen Gesteinskörnung und Bitumen verringern und die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung sowie die Verdichtung des bituminösen Mischguts fördern. Kunstharze werden mit Bitumen vermischt und entfalten ihre Wirkung durch den reversiblen Mechanismus der physikalischen Zustandsänderung Schmelzen/Kristallisieren. Sie haben die Eigenschaft, bei einer Temperatur von etwa 100°C zu schmelzen. Da sie im Bitumen vollständig löslich sind, verringern sie bei über 100 °C die

Viskosität des Bindemittels, während sie bei unter 80 °C dessen Steifigkeit erhöhen. Die niedrigere Viskosität bei Misch- und Einbautemperaturen von Asphaltmischgut begünstigt die homogene Umhüllung der Gesteinskörnung und die Verdichtung des bituminösen Mischguts.

Chemische Zusatzstoffe und Kunsthharze können dem Bitumen in der Mischphase zugesetzt werden oder bereits im Bitumen enthalten sein, das vom Hersteller an die Anlage geliefert wird.

Eine alternative Technologie zur Verwendung von Zusatzstoffen ist das teilweise oder vollständige Aufschäumen von Bitumen beim Mischen mit heißen Zuschlagstoffen.

5) Mischgut

Das heiß hergestellte Mischgut muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13108-1, angebracht sein.

Der Mischguthersteller muss die Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mineralstoffmischung zur Herstellung bituminöser Ausgleichsschichten, bestimmt nach UNI EN 12697-2 Norm, muss im lt. Tabelle A.5 angeführten Durchgangsbereich liegen. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht des Mineralstoffgemisches, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
AUSGLEICHSSCHICHT - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	10.0	100
Prüfsieb	8.0	75 - 100
Prüfsieb	4	44 - 62
Prüfsieb	2	26 - 40
Prüfsieb	0.5	14 - 22
Prüfsieb	0.25	10 - 16
Prüfsieb	0.063	6 - 10
Bitumengehalt in %		4.8 - 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die bituminöse Ausgleichsschicht gehen aus den Tabellen A.6) hervor.

Tabelle A.6					
PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTE TEN PROBEKÖRPERN					
Eigenschaften	Norm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 50	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert CTI = (π/2) DRt/Dc

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft, ob das Mischgut die Anforderungen erfüllt, anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers enthalten sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle müssen dem Kontrollstandard Z entsprechen

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern. Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 angegeben, zu klassifizieren. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu prüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl auf losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch auf vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) AUFBEREITUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen angemessener Leistung hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Nutzleistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet, gesiebt und gleichförmig erhitzt werden und dass somit eine genaue Siebung und Zuteilung der Gesteinskörnungen auf die einzelnen Korngruppen stattfinden. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Während der gesamten Aufbereitung muss das Bitumen die geforderte Temperatur und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig vorbereitet werden, an der Oberfläche sind Lehm oder Wasseransammlungen zu beseitigen, um eine Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen zu vermeiden. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgesiebteten Ausbauasphalt für die Herstellung von Heißeasphalt muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen. Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnung vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt wird.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25% in Gewichtsanteilen betragen.

Beim Mischvorgang im Asphaltwerk muss die Temperatur des Mischgutes mit Straßenbaubitumen weniger als oder gleich 150°C betragen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Übergabefäße der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Ausgleichsschichten muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist.

Als Haftschrift wird eine kationische Bitumenemulsionen mit kurzer Brechzeit und einem Nenngehalt an Bindemittel von 55% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 55 B 3).

Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand oder Füller zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Die Restbitumenmenge der Emulsion muss 0.40 kg/m², betragen.

Tabelle D.1					
BITUMENEMULSION C 55 B3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnormen</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, ob die Bitumenemulsion die Anforderungen, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion enthalten sind, erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 d.h. durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Einbau der Haftschrift muss die horizontale Straßenmarkierung beseitigt werden und die Auflagefläche muss sauber sein.

E) EINBAU

Zum Einbau der Ausgleichsschicht sind leistungsfähige Straßenfertiger mit automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen. Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau in rascher Folge angrenzender Bahnen erreicht wird.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind.

Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 120°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt ist.

Die Verdichtung der Ausgleichsschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Zur Verdichtung sind vorzugsweise Gummiradwalzen einzusetzen. Es können auch Vibro-Tandemwalzen oder Kombinationswalzen mit Glattmantel mit einem Gewicht von mindestens 100 kN eingesetzt werden, sofern die Leistungsfähigkeit es gestattet, den maximalen Verdichtungsgrad zu erreichen.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung ermittelt

Der **Bindemittelgehalt** wird in Einklang mit der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Ausgleichsschicht wie folgt in % gekürzt:

Abzug in % = $25 \cdot b^2$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Artikel 33

AUSGLEICHSSCHICHTEN MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN

Ausgleichsschichten aus Heißasphalt bestehen aus natürlichen feineren Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen, Zusatzmitteln und Ausbauasphalt (Fräsmaterial), welche nach Gewicht oder Raummaß dosiert werden. Dieses Mischgut muss ausschließlich dort eingesetzt werden, wo es notwendig ist, Verformungen der Fahrbahn (Wellen, Löcher, Depressionen) vor dem Einbau einer neuen Deckschicht auszugleichen.

Im Sinne des Ministerialdekrets 05.08.2024 - CAM Straßen wird der Asphalt für Ausgleichsschichten als Binder betrachtet.

Das Ministerialdekret 05.08.2024 - CAM Straßen - schreibt in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für Binderschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 20% (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung für Baumaterialien (UE) Nr. 305/2011 entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung im Sinne der Anlage ZA der europäischen harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beigelegt sein.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Festgestein, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinskörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
Eigenschaften	Norma	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Kategorie
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥80	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu bestimmen. Als Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2					
FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des aus Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller mit einer Korngröße unter 0,063 mm besteht aus dem Feinanteil der verwendeten Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen darüber hinaus die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3					
FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt des trocken verdichteten Füllers (nach Rigden)	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung der Mischung Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (Fräsmaterial) versteht man ein aus einem bereits bestehenden Fahrbahnbelag gewonnenen (recyceltem) Gemisch, welches entweder in herkömmlichen Brechanlagen aus Schollen von aufgebrochenen Asphaltschichten oder direkt auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Fräsen hergestellt wird.

Für die Zulassung des Ausbauasphalts müssen die Eigenschaften nach UNI EN 13108-8 nachgewiesen werden. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbauasphalt zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max}, ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten aus Heißeasphalt mit modifiziertem Bitumen darf der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 20 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (20 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft der Bauprodukte“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil an Asphaltgranulat, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Ausgleichsschichten mit modifiziertem Bitumen nicht höher als 25% sein.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulats von mehr als 25% vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren

Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbausphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbausphalt in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design) und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

Dieser CAM-Bericht muss Laboruntersuchungen enthalten, die mit dem vorgeschlagenen Mischgut durchgeführt wurden, um nachzuweisen, dass die erhöhte Menge an Asphaltgranulat aufgrund der Verwendung eines Bindemittels mit einem hohen Anteil an Elastomerpolymeren (SBS) die Leistungsfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit bei gleicher Verformungsrate) nicht beeinträchtigt.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifiziertem Bitumen bestehen. Dieses halbfeste Bitumen wird mit Elastomeren angereichert, wodurch die chemische Struktur und die physikalischen und mechanischen Eigenschaften verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die entsprechenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN PmB 45-80/70					
Eigenschaften	Bezugsnorm	Symbol	Maßeinheit	Sollwerte	Klasse
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4 erfüllt, wird vom Bauleiter anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigemischt werden, um die vorgeschriebenen Eigenschaften des Mischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbausphalt, zur strukturellen Verfestigung verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftanreger und/oder spezielle Füller) beigemischt werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfsertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnissen, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass die Wasserempfindlichkeit der Mischung so weit herabgesetzt wird, dass die Grenzwerte der Tabelle A.6 eingehalten werden.

Die **Verwendung von Ausbausphalt** (Fräsmaterial) kann - auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Grenzwerte - zu einer Verhärtung des Bindemittels führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Die Verhärtung wird durch das Schmelzen des Altbitumens verursacht, welches in unterschiedlichem Maße in der neuen Füller-Bitumen Masse aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Einbaumaterials können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da sowohl die Zusammensetzung und die Art der Anwendung der Zusatzstoffe den alten Bindemittelanteil unterschiedlich reaktivieren, muss die Menge im Labor unter Berücksichtigung der mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul), bestimmt werden.

Die Auswahlkriterien des Zusatzmittels, das technische Datenblatt und der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörigen Prü fzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Verteilung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, dass die eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch geeignet sind. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können zum selben Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbauphase) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Der Mischguthersteller muss die charakteristische Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mischung der Gesteinskörnung zur Herstellung der Ausgleichsschicht muss eine Korngrößenverteilung aufweisen, welche nach UNI EN 12697-2 bestimmt wird und den in der Tabelle A.5 angeführten Grenzwerten entspricht. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Gesteinskörnung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5

AUSGLEICHSSCHICHT - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	10.0	100
Prüfsieb	8.0	75 - 100
Prüfsieb	4	44 - 62
Prüfsieb	2	26 - 40
Prüfsieb	0.5	14 - 22
Prüfsieb	0.25	10 - 16
Prüfsieb	0.063	6 - 10
Bitumengehalt in %		4.8 - 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die modifizierte Ausgleichsschicht gehen aus den Tabellen A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				$1.25^\circ \pm 0.02$	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3.0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers angeführt sind, ob das Mischgut die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 festgelegt, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl an losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch an vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) HERSTELLUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen mit geeigneten Leistungsmerkmalen hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Leistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Mischung gleichmäßig erhitzt und die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet und gesiebt werden, damit die geeignete Korngrößenverteilung erreicht wird. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) D \cdot Rt / Dc$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, Dc = Bruchdehnung, Rt = Indirekte Zugfestigkeit

Jede Anlage muss gewährleisten, dass während der gesamten Aufbereitung das Bitumen die geforderte Temperatur erreicht und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten wird; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig angelegt werden, damit weder Lehm noch Wasseransammlungen zu einer Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen führen können. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbauasphalt für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbauasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnungen vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25 Gewichtsprozent betragen.

Die Mischtemperatur in der Anlage zur Herstellung von Mischungen mit modifiziertem Bitumen muss kleiner oder gleich 175°C sein (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Fülltrichter der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Ausgleichsschichten muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist. Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor. Die Restbitumenmenge der Emulsion muss 0.40 kg/m² betragen.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heißasphalt eingebaut wird.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion angeführt sind, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Aufbringen der Haftschrift muss der Auftragnehmer alle Verunreinigungen entfernen und alle porösen und/oder rissigen Stellen mit bituminösem Dichtungsmörtel abdichten.

E) EINBAU

Zum Einbau der Ausgleichsschicht mit polymermodifiziertem Bitumen sind leistungsfähige Straßenfertiger mit Vibrationsverdichtung und automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau der angrenzenden Bahnen in rascher Folge erreicht wird.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 165°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt oder nicht möglich ist.

Die Verdichtung der Ausgleichsschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Zur Verdichtung sind vorzugsweise Gummiradwalzen einzusetzen. Es können auch Vibro-Tandemwalzen oder Kombinationswalzen mit Glattmantel mit einem Gewicht von mindestens 120 kN und geeigneten technischen Eigenschaften eingesetzt werden, sofern der geforderte Verdichtungsgrad erreicht wird.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung ermittelt.

Der **Bindemittelgehalt** wird nach den Vorgaben der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für das Mischgut für Ausgleichsschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 25 \cdot b^2$$

Wobei b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt ist. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

Artikel 34

AUSGLEICHSSCHICHTEN MIT MODIFIZIERTEM BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT (Technologie der Warmasphalte)

Ausgleichsschichten aus Heiasphalt mit hoher Verarbeitbarkeit bestehen aus natürlichen feineren Gesteinskörnungen, polymermodifiziertem Bitumen, Zusatzmitteln und Ausbauasphalt (Fräsmaterial), welche nach Gewicht oder Raummaß dosiert werden. Dieses Mischgut muss ausschließlich dort eingesetzt werden, wo es notwendig ist, Verformungen der Fahrbahn (Wellen, Löcher, Depressionen) vor dem Einbau einer neuen Deckschicht auszugleichen.

Modifizierte Bitumen mit hoher Verarbeitbarkeit enthalten neben den Polymeren, die zur Verbesserung der Leistungseigenschaften des Bitumens notwendig sind, einen Anteil an kristallinen Kunstharzen (oder ähnlichen Produkten), die das Mischen und den Einbau bei Temperaturen ermöglichen, die etwa 30 °C niedriger sind als die des entsprechenden Mischgutes mit modifiziertem Bitumen und damit in den Bereich der sogenannten "Warmasphalte" fallen.

Im Sinne des Ministerialdekrets 05.08.2024 - CAM Straßen wird der Asphalt für Ausgleichsschichten als Binder betrachtet.

Das Ministerialdekret vom 05.08.2024 - CAM Straßen - legt in Absatz 2.2.3. des Anhangs 1 „Einbautemperatur von bituminösen Asphaltsschichten“ fest, dass bei städtischen Straßen und Bereichen von außerstädtischen Straßen, die sich in einer Entfernung von weniger als 1000 m von bebauten Gebieten befinden, die maximale Einbautemperatur von modifiziertem bituminösem Mischgut weniger als 140°C betragen muss (Warmasphalttechnologie).

Dasselbe Ministerialdekret vom 05.08.2024 sieht in Absatz 2.3.1. des Anhangs 1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ für bituminöse Binderschichten mit modifiziertem Bitumen einen Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material von 20 %, (bezogen auf das Gewicht des Endprodukts), trocken auf trocken, vor.

Da im Sinne des Ministerialdekrets 05.08.2024 - CAM Straßen der Asphalt für Ausgleichsschichten als Binder betrachtet wird, muss der Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material 20 %, bezogen auf das Gewicht des Endprodukts, trocken auf trocken, sein.

Die verwendeten Mischungen müssen der Verordnung für Baumaterialien (UE) Nr. 305/2011 entsprechen. Bei jeder Lieferung muss eine CE-Zertifizierung im Sinne der Anlage ZA der europäischen harmonisierten UNI EN Norm 13108-1, beigelegt sein.

A) BESTANDTEILE UND ANFORDERUNGEN

1) Gesteinskörnung in Erstanwendung

Die Gesteinskörnung in Erstanwendung bildet den festen Bestandteil des im Heißmischverfahren hergestellten bituminösen Mischgutes. Sie besteht aus einem Gemisch aus groben und feinen Gesteinskörnungen und aus Produktionsfüller in Form von Feinstanteilen oder Fremdfüller. Die grobe und die feine Gesteinskörnung entstehen durch die Aufbereitung natürlicher Gesteine (Festgestein, natürliche Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinskörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinskörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinskörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

GROBE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norma</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	C	%	≥80	C _{80/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Die feine Gesteinskörnung ist nach UNI EN 13043 zu bestimmen. Als Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinskörnungen, ist auch die Verwendung von Gesteinskörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm ($D_{\max}=4$ mm) zulässig.

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

FEINE GESTEINSKÖRNUNG					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Masse des aus Brechsand stammenden Granulats			%	≥50	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Der Füller mit einer Korngröße unter 0,063 mm besteht aus dem Feinanteil der verwendeten Gesteinskörnungen (Eigenfüller) oder aus Gesteinsmehl, vorzugsweise Kalkgestein, Zement, gelöschtem Kalk, hydraulischem Kalk, Asphaltpulver oder Flugasche (Fremdfüller). Für die Korngrößenverteilung der Füller, bestimmt nach UNI EN 933-10, gilt die Norm UNI EN 13043. Füller für Deckschichten müssen darüber hinaus die Voraussetzungen nach -Tabelle A.3- erfüllen.

Tabelle A.3

FÜLLER					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Plastizitätsbeiwert	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Hohlraumgehalt des trocken verdichteten Füllers (nach Rigden)	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{30/45}
Erweichungspunkterhöhung der Mischung Füller/Bitumen (Verhältnis Füller/Bitumen = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

2) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt (Fräsmaterial) versteht man ein aus einem bereits bestehenden Fahrbahnbelag gewonnenen (recyceltem) Gemisch, welches entweder in herkömmlichen Brechanlagen aus Schollen von

aufgebrochenen Asphaltschichten oder direkt auf den Baustellen im Kaltverfahren mit geeigneten Fräsen hergestellt wird.

Für die Zulassung des Ausbausphalts müssen die Eigenschaften nach UNI EN 13108-8 nachgewiesen werden. Vor dem Gebrauch muss der recycelte Ausbausphal zur Aussortierung des Überkorns (zu große Zuschlagskörner, Klumpen, Absplitterungen, usw.) bis zur für die Mischung zugelassenen oberen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden (Asphaltgranulat).

In Binderschichten mit modifiziertem Bitumen muss der Gewichtsanteil an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, nicht weniger als 20 % betragen (DM 05.08.2024 - CAM Straßen).

Um den Mindestgehalt an wiedergewonnenem, recyceltem oder als Nebenprodukt anfallendem Material (20 %) zu erreichen, der in Abschnitt 2.3.1 „Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten“ des Ministerialdekretes 05.08.2024 (CAM Straßen) vorgesehen ist, können neben Asphaltgranulat auch künstliche und/oder recycelte Gesteinskörnungen, grob und fein, verwendet werden, sofern sie den geltenden Umweltvorschriften und den in den Tabellen A.1 und A.2 vorgesehenen Eigenschaften für Gesteinskörnungen in Erstanwendung entsprechen.

Der Gewichtsanteil des Asphaltgranulats, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung, darf in Mischungen für Ausgleichsschichten mit modifiziertem Bitumen nicht mehr als 25 % betragen.

Der Auftragnehmer kann der Bauleitung die Verwendung eines Anteils an bituminösem Asphaltgranulat von mehr als 25 % vorschlagen, sofern ein bituminöses Bindemittel mit einem höheren Gehalt an Elastomeren Polymeren (SBS) als das hartmodifizierte Bitumen verwendet wird, um den Mangel an SBS-Polymeren im Bitumen des Ausbausphaltes auszugleichen.

Der Gehalt an Ausbausphal in Gewichtsanteilen und die Art des zu verwendenden hartmodifizierten Bitumens müssen verbindlich im Mischgutansatz (mix design), und im CAM-Bericht, die der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

3) Bindemittel

Das Bindemittel muss aus polymermodifiziertem Bitumen bestehen. Dieses halbfeste Bitumen wird mit Elastomeren angereichert, wodurch die chemische Struktur und die physikalischen und mechanischen Eigenschaften verändert werden.

Das polymermodifizierte Bitumen muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Die geforderten Eigenschaften des Bitumens und die entsprechenden Prüfverfahren sind in Tabelle A.4 angeführt.

Tabelle A.4					
POLYMERMODIFIZIERTES BITUMEN MIT HOHER VERARBEITBARKEIT PmB 45-80/70					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Brechkpunkt (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Dynam. Viskosität bei 160°C, $\gamma=10/s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Elast. Rückverformung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Thermische Lagerstabilität 3 d bei 180°C Änderung des Erweichungspunktes	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Werte nach RTFOT	UNI EN12607-1				
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Ob das polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen gemäß Tabelle A4 erfüllt, wird vom Bauleiter anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zusatzmittel

Zusatzmittel sind natürliche oder künstliche Stoffe, die den Gesteinskörnungen oder dem Bitumen beigemischt werden, um die vorgeschriebenen Eigenschaften des Mischgutes zu erreichen. Sie werden für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel zur Verringerung der Wasserempfindlichkeit, Verbesserung der Verarbeitbarkeit unter schwierigen Einbauverhältnissen, Auffrischung des gealterten Bitumens im Ausbauasphalt, zur strukturellen Verfestigung verwendet.

Zur Verringerung der **Wasserempfindlichkeit** müssen dem Mischgut Zusatzmittel (Haftanreger und/oder spezielle Füller) beigemischt werden, welche die Haftung zwischen Bitumen und Gesteinskörnung verbessern. Menge und Typ des Zusatzmittels müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörenden Prüfzertifikaten angegeben werden; sie können je nach Einbauverhältnissen, Art der Gesteinskörnung und Eigenschaften des Mittels verschieden sein. Art und Menge des Zusatzmittels müssen so gewählt werden, dass die Wasserempfindlichkeit der Mischung soweit herabgesetzt wird, dass die Grenzwerte der Tabelle A.6 eingehalten werden.

Die **Verwendung von Ausbaupasphalt** (Fräsmaterial) kann - auch bei Einhaltung der unter Punkt A2 vorgeschriebenen Grenzwerte - zu einer Verhärtung des Bindemittels führen und somit eine zu hohe Steifigkeit des Mischgutes zur Folge haben. Die Verhärtung wird durch das Schmelzen des Altbitumens verursacht, welches in unterschiedlichem Maße in der neuen Füller-Bitumen Masse aufgenommen wird.

Zur Wiederherstellung der Viskosität des Einbaumaterials können Zusatzstoffe unterschiedlicher Art und Natur (Fluxmittel, Regenerierungsmittel, usw.) eingesetzt werden. Da sowohl die Zusammensetzung und die Art der Anwendung der Zusatzstoffe den alten Bindemittelanteil unterschiedlich reaktivieren, muss die Menge im Labor unter Berücksichtigung der mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des bituminösen Mischgutes (Indirekte Zugfestigkeit und Steifheitsmodul), bestimmt werden.

Die Auswahlkriterien des Zusatzmittels, das technische Datenblatt und der Einfluss der Menge auf die mechanischen und volumetrischen Eigenschaften des Mischgutes müssen im Mischgutansatz und den dazu gehörigen Prüfzertifikaten angegeben werden. Die Zusatzmittel müssen mit geeigneten Geräten zugefügt werden, damit eine genaue Dosierung und eine gleichmäßige Verteilung im Bindemittel gewährleistet wird.

Der Produzent muss einen Nachweis erbringen, dass die eingesetzten Zusatzstoffe für den spezifischen Gebrauch geeignet sind. Als Alternative zu regenerierenden und/oder fluxierenden Zusatzmitteln können zu diesem Zweck speziell zusammengestellte modifizierte Bitumen (spezifisch für das Recycling von Ausbaupasphalt) verwendet werden.

5) Mischgut

Das verwendete Mischgut muss nach der Verordnung (UE) Nr. 305/2011 für Baustoffe zugelassen, jede Lieferung muss mit dem CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis im Sinne des Zusatzes zur harmonisierten Norm UNI EN 14023 versehen sein.

Der Mischguthersteller muss die charakteristische Zusammensetzung (target composition) der eingesetzten Mischungen bestimmen und erklären.

Die Mischung der Gesteinskörnung zur Herstellung der Ausgleichsschicht muss eine Korngrößenverteilung aufweisen, welche nach UNI EN 12697-2 bestimmt wird und den in der Tabelle A.5 angeführten Grenzwerten entspricht. Für den Bindemittelgehalt bezogen auf das Gewicht der Gesteinskörnung, gelten ebenfalls die Grenzwerte laut Tabelle A.5.

Tabelle A.5		
AUSGLEICHSSCHICHT - SIEBKURVE		
Siebsatz ISO	mm	% Durchgang
Prüfsieb	10.0	100
Prüfsieb	8.0	75 - 100
Prüfsieb	4	44 - 62
Prüfsieb	2	26 - 40
Prüfsieb	0.5	14 - 22
Prüfsieb	0.25	10 - 16
Prüfsieb	0.063	6 - 10
Bitumengehalt in %		4.8 - 6.2

Der tatsächliche Bindemittelbedarf kann mittels Eignungsprüfung mit dem Gyrator-Verfahren (Prüfverfahren nach UNI EN 12697-31) bestimmt werden.

Die geforderten Kennwerte der Idealmischung für die modifizierte Ausgleichsschicht gehen aus den Tabellen A.6 hervor.

Tabelle A.6

PRÜFUNG AN MIT DEM GYRATOR VERDICHTETEN PROBEKÖRPERN					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Norm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie</i>
Prüfbedingungen					
Externer Umdrehungswinkel				1.25° ± 0.02	
Umdrehungsgeschwindigkeit			Umdreh. /min	30	
Vertikaler Druck			kPa	600	
Durchmesser des Probekörpers			mm	100	
Hohlraumgehalt bei 10 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Hohlraumgehalt bei 100 Umdrehungen (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Hohlraumgehalt bei 180 Umdrehungen	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Indirekte Zugfestigkeit bei 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert ¹ bei 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) Die Raumdichte bei 100 Umdrehungen wird in der Folge mit D _G bezeichnet					
(**) An Prüfkörpern bei 100 Umdrehungen am Gyrator-Verdichter					

B) ZULASSUNG DES MISCHGUTS

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, die in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Mischgutherstellers angeführt sind, ob das Mischgut die geforderten Voraussetzungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Auf Anfrage des Bauleiters müssen außerdem die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrollen der letzten 3 Monate vorgewiesen werden. Die Prüfhäufigkeit für die Produktionskontrolle muss dem Kontrollstandard Z entsprechen.

Für die nicht in der Leistungserklärung angeführten Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Für die Anforderungen nach UNI EN 13108-1 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen des Typs ITT als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13108 Teile 20 und 21 festgelegt, zu klassifizieren.

Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Die Eignungsprüfungen können sowohl an losem Mischgut, das beim Einbau entnommen wird, als auch an vor Ort entnommenen Bohrkernen erfolgen.

C) HERSTELLUNG DES MISCHGUTES

Das Mischgut muss in stationären, automatisierten Aufbereitungsanlagen mit geeigneten Leistungsmerkmalen hergestellt werden. Die Anlagen müssen laufend gewartet und in einwandfreiem Betriebszustand erhalten werden.

Bei der Mischguterzeugung darf die Leistungsfähigkeit der Anlagen nicht überschritten werden; damit wird gewährleistet, dass die Mischung gleichmäßig erhitzt und die Bestandteile des Mischgutes einwandfrei getrocknet und gesiebt werden, damit die geeignete Korngrößenverteilung erreicht wird. Es dürfen auch kontinuierlich arbeitende Aufbereitungsanlagen (beispielsweise Trommelmischer) verwendet werden, sofern

¹ Indirekter Zugfestigkeitsbeiwert $CTI = (\pi/2) D \cdot R_t / D_c$

wo D = Durchmesser des Prüfkörpers in mm, D_c = Bruchdehnung, R_t = Indirekte Zugfestigkeit

die Dosierung der Bestandteile nach Gewicht erfolgt. Mess- und Dosiergeräte müssen laufend überprüft und geeicht werden.

Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Jede Anlage muss gewährleisten, dass während der gesamten Aufbereitung das Bitumen die geforderte Temperatur erreicht und eine gleichmäßige Viskosität beibehalten wird; Bitumen und Zusatzmittel müssen in der Anlage genau dosiert werden.

Das Lager für die Gesteinskörnungen muss sorgfältig angelegt werden, damit weder Lehm noch Wasseransammlungen zu einer Verunreinigung der gelagerten Gesteinskörnungen führen können. Die verschiedenen Kornklassen müssen getrennt gelagert werden; die Beschickung der Vordosiereinrichtung hat mit größter Sorgfalt zu erfolgen.

Das Lager vom aufbereiteten und vorgeseihten Ausbaupasphalt für Deckschichten muss überdeckt sein. Vor der Erhitzung darf der Ausbaupasphalt einen Feuchtigkeitsgehalt von höchstens 4% aufweisen. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist die Verwendung des Fräsmaterials im Mischgut einzustellen.

Die Mischzeit hängt von den technischen Eigenschaften der Anlage ab und muss so gewählt werden, dass die Gesteinskörnungen vollständig und gleichmäßig mit Bindemittel umhüllt werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gesteinskörnung darf am Ausgang des Trockners nicht mehr als 0,25 Gewichtsprozent betragen.

Beim Mischvorgang muss die Temperatur der Zuschlagstoffe unter 150°C liegen.

Die tatsächliche Mischtemperatur wird auf der Grundlage der Außentemperaturen, der Eigenschaften der Bestandteile und ihrer Lagerungsmethoden sowie der Entfernung der Baustelle von der Anlage gewählt, um die korrekte Einbautemperatur gemäß Abschnitt E) Einbau zu erreichen.

Die Trockner, Heizvorrichtungen und Fülltrichter der Anlagen müssen zur Überwachung der Temperatur mit einwandfrei funktionierenden und regelmäßig geeichten Thermometern ausgestattet sein.

D) VORBEREITUNG DER EINBAUFLÄCHEN

Vor dem Einbau der Ausgleichsschichten muss die Auflagefläche sorgfältig vorbereitet, gesäubert und mit einer Haftschrift besprüht werden, damit die einwandfreie Haftung zwischen den Schichten gewährleistet ist. Zu verwenden ist eine kationische Bitumenemulsion mit kurzer Brechzeit und einem polymermodifizierten Bitumengehalt von 69% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 69 BP 3), dessen Kennwerte in Tabelle D.1 angeführt sind.

Die Kennwerte der zu verwendenden Stoffe gehen aus -Tabelle D.1 hervor. Die Restbitumenmenge der Emulsion muss 0.40 kg/m² betragen.

Damit die Baumaschinen die Haftschrift befahren können, ist die frisch aufgesprühte Haftschrift mit Splitt, Sand, Füller oder Kalkmilch zu bestreuen. Körner, die nicht perfekt in der Haftschrift verankert sind, müssen mit einer motorisierten Kehrmaschine entfernt werden, bevor die darüberliegende Schicht aus Heiasphalt eingebaut wird.

Tabelle D.1

EMULSION AUS POLYMERMODIFIZIERTEM BITUMEN – C69 BP 3					
<i>Eigenschaften</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Symbol</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Bitumengehalt	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Volumenanteil ldestillat	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Brechwert	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>					
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Erweichungspunkt	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Brechpunkt (nach Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4

Der Bauleiter überprüft anhand der Kennwerte, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion angeführt sind, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion oder das als Haftschrift verwendete polymermodifizierte Bitumen die Anforderungen erfüllt. Die Bescheinigung, welche das CE -

Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften, kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

Vor dem Aufbringen der Haftschrift muss der Auftragnehmer alle Verunreinigungen entfernen und alle porösen und/oder rissigen Stellen mit bituminösem Dichtungsmörtel abdichten.

E) EINBAU

Zum Einbau der Ausgleichsschicht mit polymermodifiziertem Bitumen sind leistungsfähige Straßenfertiger mit Vibrationsverdichtung und automatischer Nivelliereinrichtung einzusetzen.

Beim Einbau ist mit größter Sorgfalt auf eine fachgerechte Ausbildung der Längsnähte zu achten, was am besten mit dem Einbau der angrenzenden Bahnen in rascher Folge erreicht wird.

Der Transport des bituminösen Mischgutes muss mit geeigneten Fahrzeugen in ausreichender Anzahl erfolgen, um die Baustelle regelmäßig und kontinuierlich zu versorgen, damit die Verlegearbeiten durch den Straßenfertiger nicht unterbrochen werden. Es sollten vorzugsweise Fahrzeuge mit isolierten Behältern verwendet werden, insbesondere wenn längere Transportzeiten vorgesehen sind. Die Transportmittel müssen sauber, frei von verunreinigendem Material und mit geeigneten Abdeckungen versehen sein, um die gesamte transportierte Masse vor Wärmeverlust, Regen und Wind zu schützen.

Bei der Beschickung des Straßenfertigers muss die Temperatur des bituminösen Mischgutes jederzeit unter 140°C liegen (DM 05.08.2024 – CAM-Straßen).

Der Einbau des Mischgutes muss unterbrochen werden, wenn durch ungünstige Witterungsverhältnisse eine fachgerechte Bearbeitung beeinträchtigt oder nicht möglich ist.

Die Verdichtung der Ausgleichsschicht erfolgt unmittelbar nach dem Einbau und ist ohne Unterbrechungen abzuschließen.

Zur Verdichtung sind vorzugsweise Gummiradwalzen einzusetzen. Es können auch Vibro-Tandemwalzen oder Kombinationswalzen mit Glattmantel mit einem Gewicht von mindestens 120 kN und geeigneten technischen Eigenschaften eingesetzt werden, sofern der geforderte Verdichtungsgrad erreicht wird.

F) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle des bituminösen Mischgutes und des fachgerechten Einbaues sind Laborprüfungen und Feldversuche an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen durchzuführen.

Jede Entnahme besteht aus zwei Probekörpern; ein Probekörper wird für die Laboruntersuchungen verwendet, der zweite wird für Neuprüfungen oder nachträgliche Sonderprüfungen aufbewahrt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am losen Mischgut werden der Bitumengehalt und die Korngrößenverteilung ermittelt.

Der **Bindemittelgehalt** wird nach den Vorgaben der UNI EN 12697-1 bestimmt. Bei unzureichendem Bitumengehalt wird für den gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für das Mischgut für Ausgleichsschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 25 \cdot b^2$$

Wobei b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von der Toleranz von 0,30% auf den in der Eignungsprüfung angeführten Bindemittelgehalt ist. In Ermangelung der Eignungsprüfung wird das Mittel des in Tabelle A.6 (letzte Zeile) angeführten Bereichs als Bezugswert herangezogen.

Der Gehalt an **SBS-Polymeren** wird an dem aus den Kernen extrahierten Bindemittel durch den FT-IR-Test (Fourier Transform Infra-Red) bestimmt. Der Mindestgehalt an SBS-Polymeren, der sich aus dem FT-IR-

Test ergibt, muss 3,2 % betragen, unabhängig vom Gehalt an Recyclingasphalt, der bei der Herstellung des Mischguts verwendet wurde.

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE

**Technische Richtlinien für
Straßenkörper,
Fundamentschichten und
bituminöse Beläge**

**Direttive tecniche per
corpo stradale,
strati di fondazione e
pavimentazioni bituminose**

Kardaun, 3. April 2025

Cardano, 3° aprile 2025

ITALIANO

Premessa

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il corpo del rilevato, il piano di posa e il sottofondo l’impiego di prodotti da costruzione con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 70% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Articolo 1 CORPO STRADALE

Il corpo stradale, al di fuori dei tratti occupati da opere d’arte maggiori (viadotti e gallerie), si realizza attraverso movimenti di materie con l’apertura di trincee e la costruzione di rilevati.

Si distinguono, più in generale, nei movimenti di materie le seguenti lavorazioni:

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanza organica);
- gli scavi di sbancamento per l’apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- gli scavi a sezione ristretta per l’impianto di opere d’arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo);
- l’esecuzione di riempimenti o rinterri in genere;

Salvo casi speciali, dettati da particolarissime condizioni locali ed estesi a ridotte volumetrie, i movimenti di materie si eseguono con l’impiego di apparecchiature meccaniche specializzate per lo scavo, il trasporto, la stesa ed il costipamento. Per la scomposizione di strati rocciosi o di manufatti di elevata compattezza e resistenza meccanica e per la loro riduzione in pezzature idonee al trasporto e/o al reimpiego dei materiali di risulta, può rendersi necessario l’uso di mine o di attrezzature meccaniche demolitrici.

A – QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

A.1 – MATERIALI SCIOLTI NATURALI

I materiali sciolti naturali possono derivare dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee nelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, ovvero dall’estrazione da cave di prestito. I materiali provenienti dagli scavi possono essere destinati alla costruzione di corpi stradali in rilevato, a bonifiche, a riempimenti ecc. ovvero, se quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, al deposito in apposite discariche.

Nei casi in cui i materiali impiegati non siano provenienti dagli scavi, ma da cave di prestito, dovranno essere qualificati in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). In questo caso la fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242:2008.

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l’Impresa, per ogni zona di provenienza, deve procedere a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dei risultati di prove di laboratorio.

Il sistema adottato per la classificazione dei materiali sciolti (terre) fa riferimento al Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS) descritto dalla norma SN 670 008ae dalla DIN 18196

Nella formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi sarà data priorità d’impiego ai materiali sciolti dei gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP, quindi a quelli dei gruppi GC, SM, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC.

Per le terre appartenenti ai restanti gruppi si deve valutare se adoperarle mediante trattamento con calce, ovvero se portarle a rifiuto. La Direzione Lavori può accettare eventuali proposte di stabilizzazione a calce avanzate dall'Impresa purché accompagnate da uno specifico studio di laboratorio (mix design).

Nel caso di materiali provenienti da cave di prestito saranno accettati solo quelli appartenenti ai gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP.

Quando l'umidità delle terre scavate è tale da non consentire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione.

I materiali impiegati, qualunque sia il gruppo di appartenenza, devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo. Terre con contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 2% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

Classificazione dei materiali sciolti

Il Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS), descritto dalla norma SN 670 008a, ASTM D-2487 e dalla DIN 18196, si basa sulla valutazione delle seguenti caratteristiche intrinseche dei materiali:

- granulometria;
- limiti di consistenza;
- contenuto di sostanza organica.

L'analisi granulometrica delle terre viene effettuata secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 / UNI EN ISO 14688-1. Saranno impiegati setacci della serie ISO 3310-1 e ISO 3310-2. Per la descrizione delle frazioni granulometriche si farà riferimento alla terminologia riportata in Tabella A1.

Tabella A.1			
Descrizione	Classe	Dimensioni	
		da (mm)	a (mm)
Terre grosse	Blocchi (Bo)	200	630
	Pietre (Co)	63	200
	Ghiaia (Gr)	2	63
	Grossa	20	63
	Media	6,3	20
	Fine	2	6,3
	Sabbia (Sa)	0,063	2
	Grossa	0,63	2
Terre fini	Media	0,2	0,63
	Fine	0,063	0,2
	Limo (Si)	0,002	0,063
	Grossa	0,02	0,063
	Media	0,0063	0,02
	Fine	0,002	0,0063
	Argilla (Cl)	≤0,002	

La forma della curva granulometrica sarà descritta dai 2 parametri:

- coefficiente di uniformità: $C_U = D_{60} / D_{10}$
- coefficiente di curvatura: $C_C = (D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10}$

I limiti di consistenza (o di Atterberg) saranno determinati secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-12. Per la descrizione delle frazioni granulometriche fini si farà riferimento alla terminologia riportata nella Figura A1 (Carta di Plasticità):

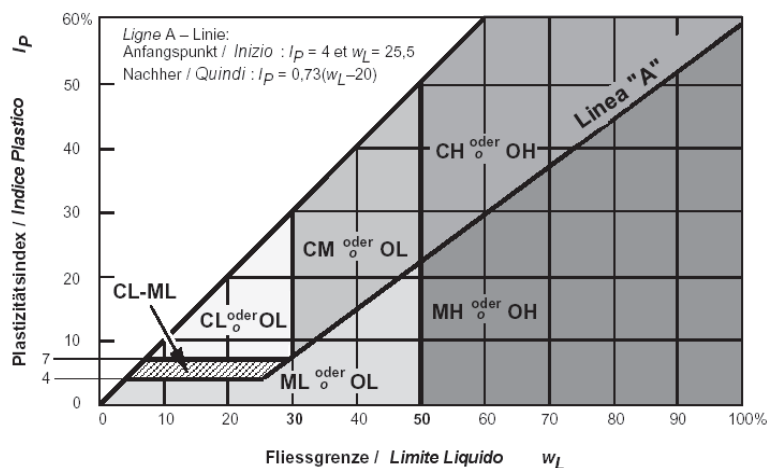


Figura A.1

Le terre organiche sono riconoscibili in base al loro colore ed al loro odore. Ai fini della presente classificazione una terra è definita come organica se il rapporto tra il limite liquido del materiale dopo essiccazione in stufa a 105°C e il limite liquido del materiale naturale è inferiore a 0,75.

Terre grosse ($P_{0,063} < 40\%$)

Sono considerate terre a grana grossa i materiali con una frazione limoso-argillosa ($P_{0,063}$) inferiore al 40%. Esse sono suddivise in ghiaie e sabbie secondo la frazione granulometrica prevalente. Inoltre:

- se $P_{0,063}$ è inferiore al 5% la classifica si effettua solo in base alla forma della curva granulometrica;
- se $P_{0,063}$ è superiore al 12% la classifica si effettua solo in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità).
- se $P_{0,063}$ è compreso tra il 5% ed il 12% la classifica si effettua sia in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità) che alla forma della curva granulometrica.

I criteri di classificazione delle terre grosse sono riassunti nella Tabella A2.

Terre a grana fine ($P_{0,063} \geq 40\%$)

Le terre a grana fine hanno una frazione limoso-argillosa ($P_{0,063}$) superiore al 50% e sono classificate in funzione della loro posizione sulla carta di plasticità.

Tabella A.2

Classe USCS	P _{0,063}	Granulometria C _U - C _C	Plasticità	Gruppo
Terre Ghiaiose (Gr): % di ghiaia (Φ > 2mm) superiore alla % di sabbia (0,06 < Φ < 2mm)	< 5%	C _U > 4 e 1 ≤ C _C ≤ 3		GW
		C _U ≤ 4 o C _C < 1 o C _C > 3		GP
	> 12%		ML, MH	GM
			CL-ML	GM-GC
			CL, CM, CH	GC
	5% - 12%	C _U > 4 e 1 ≤ C _C ≤ 3	ML, MH	GW-GM
			CL-ML, CL, CM, CH	GW-GC
		C _U ≤ 4 o C _C < 1 o C _C > 3	ML, MH	GP-GM
			CL-ML, CL, CM, CH	GP-GC
Terre Sabbiose (Sa): % di sabbia (0,06 < Φ < 2mm) superiore alla % di ghiaia (Φ > 2mm)	< 5%	C _U > 6 e 1 ≤ C _C ≤ 4		SW
		C _U ≤ 6 o C _C < 1 o C _C > 4		SP
	> 12%		ML, MH	SM
			CL-ML	SM-SC
			CL, CM, CH	SC
	5% - 12%	C _U > 6 e 1 ≤ C _C ≤ 3	ML, MH	SW-SM
			CL-ML, CL, CM, CH	SW-SC
		C _U ≤ 6 o C _C < 1 o C _C > 3	ML, MH	SP-SM
			CL-ML, CL, CM, CH	SP-SC
Terre Fini Limi (Si) e Argille (Cl) Organiche (Or)		< 30	> 7	CL
			4 ≤ I _p ≤ 7	CL-ML
			< 4	ML
				OL
		30 ≤ W _L ≤ 50	Sopra la Linea "A"	CM
			Sotto la Linea "A"	ML
		> 50		OL
			Sopra la Linea "A"	CH
			Sotto la Linea "A"	MH
				OH

A.2 – ALTRI MATERIALI

Il progetto può prevedere l'adozione di tecnologie, materiali e prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre naturali.

In tali casi l'Impresa deve attenersi, per le qualificazioni dei materiali e i controlli, alle specifiche di progetto, eventualmente riferite a normativa nazionale o internazionale specifica.

In caso di esigenze tecniche particolari l'impresa può proporre, nel rispetto del quadro economico, l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto.

In tale caso i materiali devono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista; gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

B) PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

1) Qualificazione dei materiali

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, ed inoltre eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su sperimentazione o prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative (rilievo di prima pianta);
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:
 - granulometria e limiti di Atterberg (CNR-UNI 10006/63 ovvero DIN 18122-1) oppure la prova con punta conica (UNI CEN ISO /TS 17892-6), per la classificazione secondo la norma DIN 18196;
 - contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1) e indice di gruppo (UNI CEN ISO/TS 14688-2);
 - determinazione della curva di costipamento Proctor, Standard o Modificato, con individuazione della densità massima del secco, $\gamma_{s,max}$, e dell'umidità ottimale di costipamento, W_{opt} (UNI EN 13286-2); per le terre con trattenuto al crivello da 25 mm superiore al 15% si dovrà obbligatoriamente utilizzare la metodologia DIN 18127 (fustella grande);
 - analisi granulometriche comparative (UNI CEN ISO/TS 17892-4/ UNI EN 933-1.), prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;
 - indice di portanza CBR, secondo modalità di prova che tengano conto della destinazione del materiale, dei rischi di imbibizione da venute d'acqua (gravitazionale e/o di capillarità) e del prevedibile grado di addensamento. Per valutare gli effetti delle variazioni di umidità e del grado d'addensamento sulla portanza degli strati realizzati, la Direzione dei lavori, in relazione alle esigenze di posa in opera ed anche ai fini dei controlli di portanza, ha la facoltà di richiedere lo studio CBR SN670320b completo, a diverse energie ed umidità di costipamento, secondo la norma e DIN 18127

Per le rocce devono essere determinate, inoltre:

- la resistenza a compressione semplice su cubetti (UNI EN 1926)
- la massa volumica apparente (UNI EN 1936);
- la perdita in peso alla prova Los Angeles UNI EN 1097-2 / CNR 34

Laddove, a causa della granulometria del materiale, non fosse possibile eseguire prove di costipamento e prove CBR di laboratorio, l'attitudine all'impiego può essere determinata in seguito, attraverso la misura del modulo di deformazione E_{v2} e il rapporto E_{v2}/E_{v1} secondo DIN 18134, oppure M_{E1} e rapporto M_{E2}/M_{E1} secondo la SN 670 317b, nel corso delle prove preliminari in vera grandezza (campo prove) di cui nel seguito.

Tenuto conto dei risultati delle suddette indagini, l'Impresa predisporre i seguenti documenti, da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori:

- piano dettagliato di sperimentazione in vera grandezza (campo prove);
- piano particolareggiato delle lavorazioni di movimento di materie.

2) Campo prove per l'impiego dei materiali sciolti

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materia siano del tutto trascurabili (inferiori a 30.000 m³), l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi

effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Nei cantieri di grande dimensione e, in ogni caso, quando per il controllo in corso d'opera siano impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento (LFWD, FWD, autocarro con asse di 10 t), le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i risultati di queste ed i valori di massa volumica del secco (γ_s) e/o modulo di deformazione E_{v2} e del rapporto E_{v2}/E_{v1} (DIN 18127).

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato. In quest'ultimo caso, dopo la sperimentazione, è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili, sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento del piano e delle modalità delle lavorazioni. In ogni caso, se applicata a materiali diversi deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta, o integrata, in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

I risultati delle prove vanno riportati in apposito verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione delle macchine e sulle modalità di posa in opera.

3) Cave di prestito

Per le cave di prestito messe a disposizione dalla Stazione appaltante, le aree da cui debbono prelevarsi i materiali sono consegnate all'Appaltatore in occasione della consegna dei lavori (ovvero di verbale parziale, se è disposta una consegna frazionata).

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, in difformità del progetto, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di: indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego

4) Discariche e luoghi di deposito

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle normative vigenti, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

Riguardo alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;
- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi debbono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate in seguito nei riempimenti di cavi, rinterri, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, devono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale, disposti, con scarpate generalmente di 3/2, non devono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori a sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;

- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbo, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione Lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e tutela ambientale, in analogia a quanto già illustrato per le cave di prestito.

5) Piano particolareggiato delle lavorazioni

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti in terra e per le loro parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata di un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;
- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
 - spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
 - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare, dei compattatori ad assicurare le prescritte prestazioni;
 - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti.
- le prevalenti condizioni di umidità naturale delle terre impiegate, all'atto della posa in opera; in relazione ad esse sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto preapertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata alla Direzione Lavori e da questa tempestivamente esaminata.

C) ESECUZIONE DEI LAVORI

C.1 – SCAVI E DEMOLIZIONI

1) Norme generali

Si esaminano in questo paragrafo le lavorazioni per lo smacchiamento generale dei siti d'impianto del corpo stradale, per lo scoticamento, per lo sbancamento e lo scavo a sezione ristretta, con o senza la presenza di falda freatica, per la demolizione di opere murarie e la scomposizione di strati rocciosi.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (ivi compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, sono eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta ad adottare ogni cautela ed esattezza nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire

scoscendimenti e franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fugatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa deve provvedervi a sua cura e spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

2) Smacchiamento

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere preliminarmente al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

3) Scotricamento

Prima di dar luogo agli scavi l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di terreno vegetale ricadente nell'area di impronta del solido stradale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in difformità di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'Impresa deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nell'articolo riguardante questa lavorazione.

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie assentito: provvede, quindi, a sua cura e spese al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffico centrale e laterale, isole divisionali, ricoprimento superficiale di cave e discariche, ecc.).

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, debbono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammolimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

4) Scavi di sbancamento

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;

la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;

la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;

lo splatemento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;

la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;

gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;

l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli splatamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di estrazione a strati suborizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza verso l'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò, fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo (piano di posa della pavimentazione o piano di imposta della sottofondazione di trincea).

Quest'ultimo deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

5) Scavi a sezione ristretta

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo. Questo piano è fissato (da progetto o, in difformità, su motivato parere della Direzione Lavori) per l'intera area o per più parti in cui questa può essere suddivisa, in relazione all'accidentalità del terreno ed alle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la loro natura, detti scavi devono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il fondo degli scavi deve essere perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Impresa, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature e sbatacchiature, rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

L'Impresa deve provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa deve provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

L'Impresa deve eliminare ogni impedimento e ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fuggitori.

6) Demolizioni

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in

trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ciò è previsto in progetto, ovvero se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti agli impianti di trattamento.

Nel caso che i materiali di scavo siano destinati al reimpiego, essi devono essere trasportati direttamente in opera o in aree di deposito; in questo caso devono essere custoditi opportunamente, eventualmente trattati per correggerne la granulometria, in relazione alla destinazione prevista, successivamente ripresi e trasportati nelle zone di impiego.

7) Scavi in roccia

Gli scavi in roccia di qualsiasi natura e consistenza, comunque fessurata o stratificata, e le demolizioni dei manufatti sono eseguiti con i mezzi che l'Appaltatore ritiene più convenienti, ivi compreso l'uso di mine.

Nell'impiego di esplosivo l'Impresa deve curare che la scarpata risultante non presenti fratture né dislocazioni di masse: qualora si accertasse la presenza di tali indesiderati fenomeni, prodotti dalla tecnica di scavo, l'Impresa deve provvedere a sue spese a disaggi, sarciture e/o bloccaggi, secondo un programma concordato con la Direzione Lavori.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di impianti a rete di ogni genere, deve essere attuato con opportune cautele, in modo da evitare, sia la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe, sia effetti vibrazionali nocivi, che debbono essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

8) Reimpiego dei materiali di scavo

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori.

C.2 – RIPORTI

Nel presente articolo, oltre alla costruzione del corpo stradale in rilevato (ivi compreso lo strato superiore, costituente il sottofondo della pavimentazione), si considerano tutte le lavorazioni che comportano riporto di materiali, quali le opere di presidio ed i riempimenti dei cavi, la bonifica del piano di posa dei rilevati e quella del sottofondo della pavimentazione nei tratti di trincea (ove occorra).

In paragrafi distinti sono trattate nel seguito, in successione, le tecniche relative alla sistemazione ed alla costruzione di:

- piani d'appoggio dei rilevati;
- strati anticapillari;
- corpo del rilevato in terre naturali;
- riempimenti;
- strati di sottofondo in terre naturali;
- strati in terre stabilizzate a calce o con leganti idraulici;
- strati con materiali riciclati.

C.2.1 – PIANO D'APPOGGIO DEI RILEVATI

1) Configurazione

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare

possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Ogni qualvolta i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, ultimata l'asportazione del terreno vegetale, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per la continuità spaziale delle gradonature si deve curare, inoltre, che le alzate verticali si corrispondano, mantenendo costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, le gradonature debbono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine per lo scavo.

In corrispondenza di allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale addossare il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

L'operazione di gradonature deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili a futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

2) Terreni cedevoli

Quando siano prevedibili cedimenti eccedenti i 15 cm dei piani di posa dei rilevati, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio per l'evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

3) Requisiti di portanza

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) E_{v2} , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma DIN 18134, deve risultare non inferiore ai valori indicati in tabella C.1:

Tabella C.1

Requisiti di portanza del piano di posa dei rilevati	
Posizione	
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione maggiore di 2,00 m	$E_{v2} \geq 50 \text{ MPa}$
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione compresa tra 1,00 e 2,00 m	$E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione compresa tra 0,50 e 1,00 m	$E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione minore di 0,50 m	$E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000 m². Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione viene effettuata in condizioni sature.

4) Bonifica

Quando la natura e lo stato dei terreni d'impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, può essere introdotto nel programma dettagliato delle lavorazioni l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con materiali idonei di apporto. Ai sensi del DM 05.08.2024 (CAM Strade), per la sostituzione del materiale esistente deve essere impiegato almeno il 70% di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti.

In alternativa può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione.

C.2.2 – STRATI ANTICAPILLARI

Gli strati anticapillari sono strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad alta permeabilità eventualmente protetti, nella parte inferiore, da geotessili con funzione anticontaminante.

Nella parte superiore è escluso l'uso di geotessili, ma deve essere sempre previsto l'intasamento con materiale granulare 0/30.

Non è ammesso l'uso di aggregati riciclati.

1) Strati in terre naturali

Lo strato anticapillare in materiale naturale, dello spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, deve essere costituito da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino), con granulometria compresa tra 8 e 50 mm, preferibilmente tra 30 e 70 mm, con passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante al setaccio 0,063 mm non superiore al 3%. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di aggregati con dimensione massima maggiore in relazione alle specificità del progetto.

Il materiale deve essere del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali.

Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va eseguito mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prelievo ogni 100 m³ di materiale posto in opera.

2) Geotessili

In associazione allo strato granulare anticapillare può essere posto sul piano di appoggio del rilevato un telo geotessile.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotropo, ottenuto da fibre di 100% polipropilene o poliestere di prima qualità, agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termo fusione, termo calandratura e termo legatura, salvo che per processi di finitura del

prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

I geotessili devono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico, deve rispondere ai requisiti minimi riportati in Tabella C.2:

Tabella C.2			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso	UNI EN ISO 9864	g/m ²	300
Spessore (strato singolo) a 2 kPa	UNI EN ISO 9863-1	mm	1,7
Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Resistenza a trazione trasversale (a strisce con larghezza di 200 mm)	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13,5
Resistenza all'invecchiamento (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 12224	%	<50
Resistenza chimica (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 13438	%	<20
Allungamento, in %	UNI EN ISO 10319	%	>80
Lacerazione (con prova a caduta conica-diametro massimo)	UNI EN 918	mm	<26
Punzonamento, in N	UNI EN ISO 12236	N	>3000
Permeabilità verticale rispetto il piano (senza carico)	UNI EN 12958	l/s/m ²	>175
Permeabilità al piano (20 kPa di carico)	UNI EN 12958	l/m h	>31
Apertura efficace dei pori O_{w90}	UNI EN ISO 12956	mm	0,10
Resistenza a agenti microbiologici	UNI EN 12225		

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma EN 963. I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere eseguite presso Laboratori accettati dall'Amministrazione Provinciale di Bolzano preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, in seguito su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

Il piano di stesa del geotessile deve essere perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

I teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

C.2.3 – RILEVATI IN TERRA NATURALE

1) Posa in opera

La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i differenti strati del rilevato deve essere il più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale roccioso, a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale non inferiore al 4%.

In presenza di paramenti di massicci in terra rinforzata o di muri di sostegno, in genere, la pendenza deve assicurare l'allontanamento delle acque dai manufatti.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, sperimentate in campo prove, secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 2 (compattazione).

Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima della terra impiegata ($s \geq 2D_{\max}$).

In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 150 mm (100 mm nell'ultimo metro); questi devono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo o frantumati, prima del carico sui mezzi di trasporto.

2) Compattazione

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, circa la massima utilizzazione delle risorse naturali impegnate dall'intervento, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, a impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve essere compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel piano particolareggiato dei movimenti di materia.

Quando, riguardo all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati, a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85 – 90 %, secondo il tenore in fino e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio degli pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Per garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato, le scarpate debbono essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato; Le quantità rimosse nella riprofilatura delle scarpate non saranno contabilizzate.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo paragrafo E.5 "Controlli". Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

3) Protezione

Si deve garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore; questo andrà sistemato a strisce orizzontali, opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammassatura si devono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina deve essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Appaltatore è tenuto ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, devono essere sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 6%.

Se nei rilevati dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati; è prudente in questo caso ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

C.2.4 – RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI

Nella formazione del corpo dei rilevati, oltre alle terre da scavi, al fine di raggiungere l'obiettivo del 70% di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti previsto dal DM 05.08.2024 (CAM Strade), possono essere impiegati materiali riciclati provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi delle Normative Nazionali.

I materiali *provenienti da attività di costruzione o demolizione* sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, intonaci, allettamenti, materiali lapidei provenienti da cave autorizzate o da attività di taglio e lavorazione.

I materiali *di scarto provenienti da processi industriali* sono prevalentemente costituiti da scorie, loppe d'alto forno, esclusivamente di nuova produzione e, comunque, non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I materiali di riuso possono venire miscelati tra loro ed anche con terre naturali, in modo da favorirne il riutilizzo nelle costruzioni stradali con i conseguenti benefici economici ed ambientali.

L'impiego dei materiali di riciclo deve essere conforme alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016 N°1030 in formavigente: "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Gli aggregati di riciclo possono essere impiegati nella formazione del corpo del rilevato, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità riportati in Tabella C.3.

Tabella C.3		MISCELE NON LEGATE CON AGGREGATI NATURALI E/O AGGREGATI RICICLATI					
		Impieghi					
		Colmate/ rinterri		Corpo del rilevato		Sottofondo	
Caratteristica	Norma	Requisito	Frequenza delle prove	Requisito	Frequenza delle prove	Requisito	Frequenza delle prove
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0/125 mm	20.000 m³	0/125 mm	5000 m³	0/31,5 mm	2000 m³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC ₇₅	20.000 m³	OC ₈₅	5000 m³	OC ₇₅	2000 m³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	-	-	UF ₁₅	5000 m³	UF ₁₅	2000 m³
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	G _N	20.000 m³	G _N	5000 m³	G _U	2000 m³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	-	-	FI ₅₀	50.000 m³	FI ₃₅	2000 m³
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	-	-	MB ₅	5000 m³	MB ₅	2000 m³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	-	-	SE ₃₅	5000 m³	SE ₃₅	2000 m³
Limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	-	WL ≤ 40	5000 m³	WL ≤ 40	2000 m³
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	-	IP ≤ 10	5000 m³	IP ≤ 6	2000 m³
Resistenza alla frammentazione	CNR 34	-	-	LA ₃₅	50.000 m³	LA ₃₀	20.000 m³
Caratterizzazione dell'eluato (Test di cessione)	DM5 febbraio 1998 e s.m.i.	conforme	5000 m³	conforme	5000 m³	conforme	5000 m³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	-	-	SS _{0,2}	5000 m³	SS _{0,2}	2000 m³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfaldi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	R _{cug50}	20.000 m³	R _{cug50}	5000 m³	R _{cug70}	2000 m³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	-	-	R _{g5}	5000 m³	R _{g5}	2000 m³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	-	-	R _{a30}	5000 m³	R _{a10}	2000 m³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₁₀	20.000 m³	FL ₁₀	5000 m³	FL ₅	2000 m³
Contenuto di materiale galleggiante inerte: Leca, cemento schiumato, ecc.	UNI EN 933-11	-	-	FL ₅	5000 m³	FL ₅	2000 m³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X _L	20.000 m³	X _L	5000 m³	X _L	2000 m³
Massa volumica max. con energia Proctor modificata	UNI EN 13286-2	-	-	γ	5000 m³	γ	2000 m³
Portanza CBR dopo 4 giorni di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	-	-	≥20	50.000 m³	≥40	50.000 m³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	-	-	≤1%	-	≤1%	50.000 m³
Perdita di resistenza dopo cicli di gelo e disgelo	EN 1367-1	-	-	ΔS _{1A} ≤30	5000 m³	ΔS _{1A} ≤30	2000 m³
Note: Il simbolo γ indica che la caratteristica deve essere determinata ma non deve rispondere ad un requisito Il simbolo - indica che la caratteristica può essere omessa							

Riguardo alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Nelle opere di protezione contro pericoli idrogeologici devono essere preferibilmente impiegati materiali riciclati conformi alle norme e leggi vigenti. Non è ammesso l'impiego del materiale riciclato in contatto con la falda, nel riempimento di drenaggi e nel corpo del rilevato a profondità inferiori a quella del gelo. In questi casi è ammesso solo l'uso di aggregati lapidei naturali qualificati.

C.2.5.- RINTERRI NEL CORPO DEL RILEVATO

Il ripristino di cavi di fondazione intorno a strutture, il rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (ad esempio posa di sottoservizi), il riempimento a ridosso di murature ed opere di sostegno, presentano problemi speciali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

Per questi motivi occorre impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

Nei rinterri possono essere impiegati materiali riciclati, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella C.3.

Le terre e/o gli aggregati di riciclo trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricate direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositate in loro vicinanza e in seguito poste in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza. Inoltre, si deve evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A tergo di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione dei riempimenti ovvero di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici. A ridosso delle murature dei manufatti, qualora riguardo alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali se ne ravvisi la necessità, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione con cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma di trapezio, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a $2,00\text{ m} + 3/2\text{ h}$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Il cemento deve essere ad altissima resistenza ai solfati SR 0, a presa lenta, preferibilmente di nuova generazione con contenuto di riciclato e ridotto impatto ambientale nella fase di produzione; il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

La miscela deve essere compattata per strati di spessore non superiore a 30 cm fino a raggiungere il 98% della massa volumica massima del secco, ottenuta in laboratorio con la prova Proctor Standard secondo la Norma UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127.

D) SOTTOFONDO

Il sottofondo è il volume di terra nel quale sono ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dalla pavimentazione; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito (nelle sezioni in trincea o a raso campagna) ovvero tra il rilevato e la pavimentazione.

1) Materiali costituenti

Per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra occorre considerare che non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possano essere impiegati per realizzare strati di sottofondo:

- in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di $D=100\text{ mm}$;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, per ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari, con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (gruppi GW, SW).

I tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo GW si prestano bene a costituire ottimi strati di sottofondo.

Fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico, possono essere impiegate, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo $IG = 0$, purché prive di elementi maggiori di $D>100\text{ mm}$ e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati.

Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate terre dei gruppi GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP previa stabilizzazione a cemento, a calce od a calce-cemento.

Nel caso in cui le prove di portanza CBR (UNI EN 13286-47) di laboratorio risultino significative (materiale con dimensioni inferiori a 20 mm), l'idoneità all'impiego della terra può essere accettata se essa presenta valori di indice di portanza CBR (energia Proctor) non inferiori a quanto appresso specificato:

- nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d'imbibizione per infiltrazione laterale o dall'alto o per risalita capillare:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; senza immersione);
- per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; 4 giorni di immersione);
- nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; saturazione completa).

Nei sottofondi, oltre alle terre da scavi (quando idonee), al fine di raggiungere l'obiettivo del 70% di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti previsto dal DM 05.08.2024 (CAM Strade), possono essere impiegati materiali riciclati, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella C.3.

Infine, possono essere utilizzate per la formazione degli strati di sottofondo terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, e materiali provenienti da demolizione, nonché rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata o mediante prove CBR di laboratorio, verificando il rispetto dei valori di portanza sopra indicati, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione E_{v2} sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella C.3.

Per un rapido allontanamento delle acque meteoriche i piani di sottofondodevono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%.

E) CONTROLLI

1) Controllo delle forniture

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella E.1. La Direzione Lavori può ridurre la frequenza dei controlli previsti nella tabella E1 quando i materiali forniti risultano costantemente omogenei.

Tabella E.1 Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali				
Destinazione	Rilevato		Sottofondo	
Tipo di prova	Primi 10000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³
Classificazione SN 670 008a	una prova ogni 2.000 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	una prova ogni 500 m ³	una prova ogni 2.000 m ³
Umidità naturale UNI CEN ISO/TS 17892-2	una prova ogni 500 m ³	una prova ogni 1.000 m ³	una prova ogni 200 m ³	una prova ogni 500 m ³
Costipamento UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127	una prova ogni 5.000 m ³	una prova ogni 10.000 m ³	una prova ogni 1.000 m ³	una prova ogni 5.000 m ³

2) Controllo della densità e della portanza

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, riguardo alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere eseguite mediante misure del modulo di deformazione E_{v2} secondo la Norma DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come, ad esempio, la piastra dinamica leggera LFWD.

Le prove di densità in sito (massa volumica apparente γ_s) saranno eseguite secondo la Norma DIN 18125 e riferite al $\gamma_{s,max}$ di laboratorio determinato secondo la Norma UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127. Vanno inoltre eseguite misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1.

Nella Tabella E.2 sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione. Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente per ciascuna tipologia di materiale e per livello prestazionale. La sperimentazione può essere eseguita nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali.

Ad esempio, per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Dato che la portanza di una terra dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno grande in relazione alla natura della terra stessa, i livelli prestazionali indicati nella Tabella E.2 si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo $W_{opt} \pm 2\%$ (W_{opt} da prove UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127).

Se il contenuto d'acqua del materiale al momento delle prove dovesse essere esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle misure effettuate e tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel rilevato di prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra (o di deflessione) occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

Tabella E.2		
Requisiti per gli strati di rilevato e di sottofondo		
STRATO	Grado d'addensamento % $\gamma_{s,max}$ di laboratorio ⁽¹⁾	Modulo di deformazione E_{v2} (MPa)
Sottofondo ⁽²⁾	≥ 98 %	≥120
Rilevato ⁽³⁾	≥ 98 %	≥80
(1) Prova Proctor Standard secondo UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127 (2) In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione (piano di sottofondo). (3) Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione.		

Le prove di controllo sono eseguite nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

3) Numero di prove di controllo

Salvo documentate prescrizioni della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella E.3..

Tabella E.3	Frequenza dei controlli sugli strati finiti				
	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5.000 m ²	Ulteriori m ²	Superficie m ²
Densità	una prova ogni 500 – 1.000 m ³	una prova ogni 3.000-5.000 m ³	una prova ogni 350 - 500 m ²	una prova ogni 1.000 m ²	-
Modulo Ev₂; Ev₂/Ev₁	una prova ogni 1.000-1500 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	-	-	una prova ogni 1.000 -2.000 m ²
Modulo Ev_d (LFWD)	una prova ogni 100-150 m ³	una prova ogni 500 m ³			una prova ogni 200 -400 m ²

4) Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella Tabella E.2.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati d'una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di densità secca γ_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo Ev₂₀ altra grandezza).

5) Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

± 2% per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;

± 3 cm, per i piani di sottofondo;

± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;

± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 500 m², per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 200 m², per i piani di posa della pavimentazione.

Eventuali “non conformità” per “difetto” (mancanza di materiale) dei piani finiti oltre le tolleranze previste non possono essere corrette con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (spessore inferiore ai 10 cm), ma lo strato non conforme deve essere preventivamente de-costipato (arato) procedendo poi all'aggiunta di materiale e alla nuova compattazione. Sono invece possibili correzioni dei piani finiti “non conformi” per “eccesso” (quote del piano finito superiori a quelle previste) mediante asportazione di materiale purché ovunque compatibili con le quote e le sagome previste dal progetto.

Premessa

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il corpo del rilevato, il piano di posa e il sottofondo l’impiego di prodotti da costruzione con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 70% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Articolo 2 STABILIZZAZIONE A CALCE DEI SOTTOFONDI

La tecnica consiste nello spandimento della calce sulla superficie di terreno da trattare e nella successiva miscelazione mediante l’ausilio di idonee macchine stabilizzatrici (pulvimixer). Lo scopo è quello di ottenere un miglioramento significativo, in genere a medio e/o a lungo termine, delle proprietà fisico – meccaniche della terra che la rendono stabile alle azioni dell’acqua e del gelo.

A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1. Calce

1.1 Generalità e provenienza

Per il trattamento può essere impiegata calce viva¹ o idrata, costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (calci calciche). Il tipo di calce da impiegare deve essere scelto in relazione all’umidità del materiale da trattare: per terreni con rilevante presenza d’acqua deve essere utilizzata calce viva. Le calci devono essere ottenute direttamente dal processo di calcinazione di roccia calcarea, non è permesso l’impiego di calci ottenute da materiali di riciclo.

La calce impiegata deve essere prodotta e qualificata in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1.

1.2 Requisiti

La calce impiegata deve essere delle classi CL 90 o CL 80.

La calce viva deve soddisfare i requisiti granulometrici aggiuntivi specificati in Tabella A.1. Inoltre la calce viva, sottoposta al test di reattività secondo UNI EN 459-2², deve raggiungere una temperatura di 60°C entro 25 minuti.

Tabella A.1

Apertura setaccio (mm)	Categoria P1	Categoria P2	Categoria P3	Categoria P4
10	-	100	-	100
5	-	100	100	≥95
2	100	≥95	≥95	-
0,2	≥95	≥70	-	-
0,09	≥85	≥50	≥30	-

Nota: analisi granulometrica eseguita secondo UNI EN 459-2

¹ calce viva in polvere o in sospensione acquosa. In quest’ultimo caso la sospensione deve contenere almeno il 70% in peso di ossido di calcio.

² Nel caso in cui la calce viva contenga una frazione granulometrica trattenuta al setaccio 2 mm, tale materiale dovrà essere frantumato fino a dimensioni inferiori a 2 mm per essere sottoposta a prova.

Il possesso dei requisiti specificati viene verificato dalla Direzione Lavori esaminando gli attestati di conformità CE dei prodotti e le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del Produttore che devono essere consegnate alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

1.3 Acqua

L'acqua impiegata per la miscelazione e la maturazione non deve influire in modo negativo sulla prestazione delle miscele. L'acqua potabile può essere impiegata senza ulteriori accertamenti.

Se richiesto dalla Direzione Lavori l'acqua deve essere analizzata e risultare conforme ai requisiti minimi specificati nella norma UNI EN 1008.

1.4 Terra

Il terreno di sottofondo, insieme ad eventuale terra di apporto, può essere trattato con calce quando:

- appartiene alle classi A₆ e A₇ (secondo la normativa UNI 11531-1), alle classi A₂₋₆ e A₂₋₇ con una frazione passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%, alla classe A₅ con I_p>8;
- è caratterizzato da un valore di blu di metilene superiore a 200 (200 cm³ di soluzione 10g/l di blu di metilene per 100 g della frazione di terra passante al setaccio 0,25 mm, secondo Norma UNI EN 933-9).
- presenta un contenuto di materiale organico non superiore al 3%;
- il diametro massimo degli elementi litoidi è inferiore a 60mm.
- presenta una percentuale di solfati (SO₃) non superiore allo 0,3% determinata secondo le norme UNI EN 1744-1 ma utilizzando, per l'estrazione dei solfati dalla terra, un rapporto in peso acqua/terra pari a 10. Con percentuale di solfati compresa tra 0,3% ÷ 0,5% in alcune zone si potrebbero verificare reazioni espansive localizzate, è quindi necessario eseguire la polverizzazione della terra e la miscelazione della calce con estrema attenzione. In particolare durante la miscelazione l'umidità deve essere almeno il 3-5% superiore al valore ottimo risultante dalle prove di costipamento. Deve essere osservato un periodo di maturazione di almeno 3 giorni prima di eseguire una seconda miscelazione e, quindi, la compattazione dello strato. Con percentuale di solfati compresa tra 0,5% ÷ 0,8% oltre alle misure già esposte, deve essere attentamente valutato, in fase di progetto della miscela, il periodo di maturazione. In questa fase va anche considerata l'opportunità di aggiungere la calce in 2 fasi successive. L'accettazione delle miscele è basata principalmente sul valore del rigonfiamento. Con percentuale di solfati superiori allo 0,8 il trattamento con calce deve essere escluso.

1.5 Miscela

La composizione della miscela terra-calce-acqua deve essere stabilita in base ai risultati di uno studio eseguito presso uno dei Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

1.5.1 Studio della miscela

Per gli interventi di stabilizzazione lo studio deve indagare almeno 3 miscele terra-calce con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo del Contenuto Iniziale di Calce (CIC). Fatte salve le ulteriori prescrizioni che la Direzione Lavori pone nel caso di terreni con medio o elevato contenuto di solfati, lo studio comprende almeno le seguenti prove sul terreno da stabilizzare:

- a) determinazione del Contenuto Iniziale di Calce (CIC), secondo la norma ASTM D6276-99a;
- b) determinazione del Valore di Blu (VB), secondo la norma UNI EN 933-9;
- c) determinazione del limite liquido e del limite plastico (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- d) determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Standard (UNI EN 13286-2 in alternativa DIN 18127) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito;

Sulle miscele terra-calce vengono eseguite le seguenti prove:

- a) determinazione del limite liquido e del limite plastico (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- b) determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Standard (UNI EN 13286-2) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito;
- c) determinazione dell'indice C.B.R. (UNI EN 13286-47) su provini costipati con valori di umidità W_{ott} ed a W_{ott}+3%, maturati per 28 giorni a 20° ± 2° C e U.R.>95%³ e quindi saturati con 4 giorni di immersione in acqua a 20° ± 2° C. Al termine della saturazione viene inoltre determinato il valore di

³ In alternativa la maturazione potrà essere eseguita per 48h a 49 ± 1°C e U.R.>95%

rigonfiamento. Se richiesto dalla D.L. lo studio deve prevedere l'impiego di due provini per ciascun valore di umidità della miscela.

- d) se richiesto dalla Direzione Lavori viene inoltre effettuata la determinazione dell'indice C.B.R. (CNR-UNI 10009) "immediato" su provini costipati con valori di umidità pari a W_{ott} ed a $W_{ott}+3\%$;
- e) se richiesto dalla Direzione Lavori per la verifica della resistenza al gelo-disgelo deve essere effettuata la determinazione della resistenza a compressione (EN 13286-41) su provini confezionati secondo UNI EN 13286-50 al 98% della densità massima ottenuta dalle prove di costipamento e all'umidità attesa durante la fase di costipamento in sito. La maturazione dei provini viene effettuata per 28 giorni a $20^\circ \pm 1^\circ \text{C}$ e U.R.>95%. Dopo la maturazione i provini sono sottoposti a 13 cicli gelo-disgelo (16 ore a -5°C , 8 ore a 8°C). Se richiesto dalla Direzione Lavori studio deve prevedere l'impiego di due provini per ogni prova.

La preparazione delle miscele deve avvenire essiccando preliminarmente la terra fino a massa costante, ad una temperatura non superiore a 60°C . Si procede quindi all'aggiunta della calce nelle percentuali in studio. Queste ultime saranno sempre riferite al peso secco della terra. Si procede quindi con l'aggiunta delle percentuali d'acqua richieste dallo studio, una delle quali deve coincidere con l'umidità della terra in sito.

L'intervallo di maturazione tra l'aggiunta d'acqua e la compattazione della miscela deve essere stabilito, anche in base alle indicazioni della Direzione Lavori, riguardo alla natura del terreno, al programma delle lavorazioni ed ai controlli in sito.

Le curve di costipamento e le curve CBR devono essere tracciate con riferimento sia alla quantità di acqua aggiunta alla terra essiccata sia all'umidità misurata sulle miscele terra-calce dopo il periodo di maturazione.

B – ACCETTAZIONE DELLA MISCELA

Si ritengono idonee per la formazione di sottofondi le miscele terra-calce che forniscono le seguenti prestazioni:

- a) contenuto iniziale di calce (CIC) $> 1,5\%$;
- b) valore di blu VB $> 2 \text{ g/kg}$;
- c) indice C.B.R. $> 30\%$ (per i provini confezionati con W_{ott} e con $W_{ott}+3\%$ e quindi sottoposti a maturazione e saturazione);
- d) rigonfiamento dopo 4gg di immersione $< 1,5\%$ (per i provini confezionati con W_{ott} e con $W_{ott}+3\%$ e quindi sottoposti a maturazione e saturazione);
- e) resistenza a compressione $R_c \geq 1,2 \text{ MPa}$.

L'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera i risultati ottenuti dalle prove anzidette e quindi la percentuale di calce che intende adottare. Acquisita l'approvazione della Direzione Lavori, può procedere all'impiego della miscela.

In ogni caso la quantità di calce aggiunta non deve mai essere inferiore al 2,0% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Appaltatore.

C – POSA IN OPERA

La superficie dello strato deve essere perfettamente livellata secondo i piani indicati nei disegni di progetto. Se richiesto, si deve effettuare una rullatura della superficie finalizzata all'individuazione di zone particolarmente compressibili. Su indicazione della Direzione Lavori tali zone vengono bonificate prima dell'inizio del trattamento.

L'operazione di miscelazione deve essere preceduta da quella di frantumazione della terra in sito fino alla profondità prevista per la stabilizzazione, ottenuta mediante passate successive con idonea attrezzatura polverizzatrice (pulvimixer) fino ad ottenere grumi di terra della dimensione massima di 40 mm.

La macchina polverizzatrice deve trattare il materiale in modo uniforme fino alla profondità richiesta, per tutta la larghezza della lavorazione. Essa deve inoltre fornire una chiara indicazione visiva della profondità di lavorazione.

Terminata l'operazione si deve determinare l'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

Sono considerati soddisfacenti valori di umidità compresi tra quello ottimo della miscela, W_{ott} e $W_{ott}+3\%$. In presenza di valori di umidità troppo elevati si procede, in accordo con la Direzione Lavori ad una nuova lavorazione del materiale. L'aggiunta di calce non può essere fatta se l'umidità della terra non rientra nel

nell'intervallo prescritto. Nei casi in cui i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo di costipamento è preferibile l'impiego di calce viva macinata per il suo effetto essiccante.

La stesa della calce viene eseguita mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela. L'operazione di spandimento viene sospesa quando la presenza di vento non permette di garantire la sicurezza del personale operante, che deve comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela. Il materiale deve quindi essere umidificato, con le modalità indicate dalla Direzione Lavori, fino a raggiungere il contenuto d'acqua richiesto.

Lo spandimento della calce deve interessare una superficie non superiore a quella che può essere trattata nella stessa giornata lavorativa.

Entro 6 ore dalla stesa della calce si procede alla miscelazione che deve essere realizzata con 2 o più passate di miscelatore (pulvimixer). Il miscelatore deve essere del tipo a rotore, semovente e permettere di lavorare fino alla profondità di 50 cm.

Il controllo della profondità e dell'uniformità del trattamento viene eseguito durante le operazioni di miscelazione attraverso la verifica visiva dell'apparecchiatura di miscelazione. Inoltre il controllo può essere eseguito attraverso trincee di ispezione, impiegando il metodo della fenoltaleina⁴.

La miscelazione deve garantire che le zolle siano ridotte a dimensioni tali per cui la terra passi interamente al setaccio da 31,5 mm e per almeno il 50% al setaccio da 4mm.

Se richiesto dalla Direzione Lavori, riguardo alla composizione ed alla reattività della terra da trattare, è necessario effettuare una seconda fase di miscelazione (miscelazione finale) dopo un periodo di tempo variabile da 1 a 7 giorni dalla prima miscelazione. Tale periodo di maturazione viene stabilito dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati degli studi di qualifica del materiale.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comportano la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm. Inoltre nella stessa giornata lavorativa i tratti su cui si è operato devono essere completati per tutta la larghezza prevista in progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei. Le riprese devono essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito.

Si passa quindi alla rullatura da eseguire, secondo le caratteristiche geotecniche della miscela terra calce, con rulli a piedi costipanti, segmentati, vibranti, gommati.

La finitura superficiale deve avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale. La superficie finita dello strato in terra stabilizzata deve avere la sagoma e le quote riportate nei disegni di progetto.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, il materiale trattato deve essere protetto mediante la spruzzatura di emulsione bituminosa a lenta rottura (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4), con un dosaggio di 1,0 - 1,5 kg/m² in relazione alla porosità superficiale e alla capacità di assorbimento della parte superiore dello strato trattato. L'emulsione deve essere coperta con sabbia o graniglia per evitarne l'asportazione da parte dei mezzi di cantiere. Il velo di protezione con emulsione bituminosa può essere evitato se lo strato trattato a calce viene ricoperto da uno strato sovrastante in tempi brevi. In questo caso, in attesa del ricoprimento, il materiale trattato a calce deve essere mantenuto sempre umido, con almeno tre irrorazioni di acqua al giorno, fino alla realizzazione dello strato sovrastante.

D – CONTROLLI

Il controllo della qualità della stabilizzazione a calce deve essere eseguito mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella **Tabella D.1**.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

A compattazione ultimata la **densità** del secco in sito (γ_s), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di

⁴Viene aperta una piccola trincea larga almeno 30cm per tutto lo spessore dello strato trattato. Sulle pareti dello scavo viene spruzzata una soluzione di fenoltaleina ed alcool. Il viraggio al viola del colore indica la superficie trattata a calce, da cui è possibile ricavare la profondità dell'intervento.

costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2 ovvero CNR 22/72, ASTM D 1556-90). Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito (γ_s) rispetto a quella di laboratorio ($\gamma_{s \text{ ottimo}}$) valutato con:

$$s = 100 (0,98\gamma_{s \text{ ottimo}} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s \text{ ottimo}}$$

Valori della densità del secco inferiori al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s, \text{max}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2, DIN 18127) comporteranno la ripetizione del trattamento a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le prove di controllo della **portanza** devono essere effettuate con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFW.

Il Modulo di deformazione E_{v2} deve essere non inferiore a 120 MPa con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Quando il valore di E_{v2} risulta maggiore di 200 MPa, il rapporto E_{v2}/E_{v1} non è rilevante.

Per valori medi di portanza inferiori a quello previsto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(120 - E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo E_{v2} inferiori a 100 MPa e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} superiori a 2,15 (solo per E_{v2} inferiore a 200 MPa) comporteranno la ripetizione del trattamento a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali. Per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFW, viene individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale viene valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

La Direzione Lavori può inoltre richiedere prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato.

Per eventuali valori inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del trattamento e le detrazioni da applicare.

Tabella D.1

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Miscela sfusa già compattata	Fascia di stesa ultimata	ogni 2000 m ³ di materiale lavorato	indice CBR, rigonfiamento e resistenza a rottura (prove a compressione) non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 m di fascia di stesa	densità in sito non inferiore al 98 % della densità di laboratorio con metodo Proctor Standard.
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 m di fascia di stesa	modulo di deformazione E_{v2} , determinato con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134, non inferiori a 120 MPa con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Premessa

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il corpo del rilevato, il piano di posa e il sottofondo l’impiego di prodotti da costruzione con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 70% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Articolo 3

STABILIZZAZIONE A CALCE E LEGANTE IDRAULICO DEL SOTTOFONDO

La tecnica consiste nella miscelazione, con idonee macchine stabilizzatrici (pulvimixer), di calce e cemento ai materiali provenienti dalla vecchia fondazione.

L’intervento può essere realizzato direttamente sullo strato (o sugli strati) esistente, ovvero su materiali precedentemente fresati e rimossi, per consentire la stabilizzazione a calce del sottofondo, e successivamente riportati per realizzare la nuova fondazione (stabilizzata).

La stessa tecnica può essere applicata per il trattamento di materiali di primo impiego non idonei (caratterizzati da comportamento plastico, oppure con scarso potere coesivo) per strati di fondazione stradale. L’impiego della calce, in aggiunta al cemento, è necessario nei casi in cui il materiale da stabilizzare presente indice di plasticità $IP > 6$ (vecchia fondazione plasticizzata, inglobamento di parte del sottofondo, materiali di aggiunta plastici).

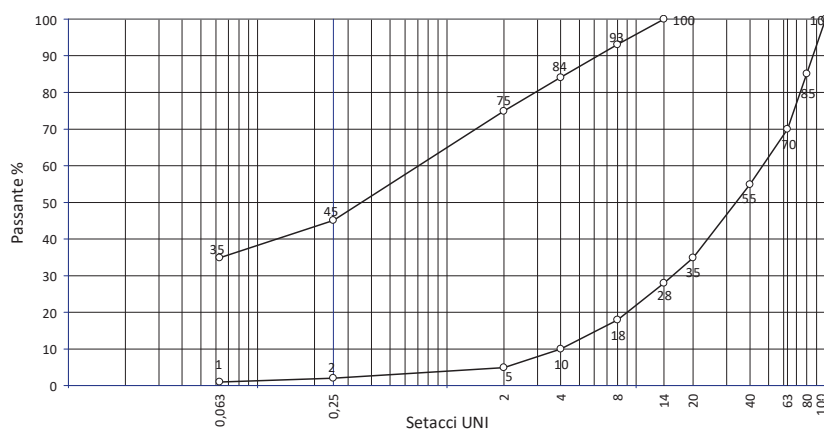
A) COSTITUZIONE DELLA MISCELA

1. Materiale da stabilizzare

Il materiale da trattare è generalmente costituito dalla vecchia fondazione, eventualmente integrata con una parte dei sovrastanti strati di conglomerato bituminoso (fresato), fino ad un massimo del 30% (riferito al peso secco della miscela), e dal terreno di sottofondo. Possono altresì essere impiegate le terre da scavo, aggregati naturali e/o di riciclo. La granulometria della miscela da trattare deve rientrare nel fuso granulometrico riportato in Tabella A.1.

Tabella A.1

COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	100	100
Setaccio	80	85 – 100
Setaccio	63	63 – 100
Setaccio	40	55 – 100
Setaccio	20	35 – 100
Setaccio	16	31 - 100
Setaccio	14	28 – 100
Setaccio	12,5	24 - 97
Setaccio	10	22 - 96
Setaccio	8	18 – 93
Setaccio	6,3	15 -90
Setaccio	4	10 – 84
Setaccio	2	5 –75
Setaccio	1	4 - 65
Setaccio	0,25	2 – 45
Setaccio	0,063	1 – 35



Il terreno in sito può essere trattato con calce e/o legante idraulico quando presenta un contenuto dimateriale organico non superiore al 3% e una percentuale di solfati (SO_3), determinata secondo le norme UNI EN 1744-1, non superiore allo 0,3%.

2.Cemento

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

Deve essere usato legante idraulico resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione, preferibilmente di nuova generazione con contenuto di riciclato e ridotto impatto ambientale nella fase di produzione. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di cementi diversi a seguito di motivata richiesta presentata dall'Impresa.

3. Calce

Nei casi in cui il materiale da stabilizzare presenti Indice di Plasticità $\text{IP} > 6$ deve essere operato un pretrattamento con calce. Per questo si può impiegare calce viva¹ o idrata, costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (calci calciche). Il tipo di calce da impiegare deve essere scelto in relazione all'umidità del materiale da trattare: per terreni con rilevante presenza d'acqua deve essere utilizzata calce

¹Può essere impiegata calce viva in polvere o in sospensione acquosa. In quest'ultimo caso la sospensione dovrà contenere almeno il 70% in peso di ossido di calcio.

viva. Le calce devono essere ottenute direttamente dal processo di calcinazione di roccia calcarea, non è permesso l'impiego di calce ottenute da materiali di riciclo.

La calce impiegata deve essere prodotta e qualificata in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1.

La calce impiegata deve essere delle classi CL 90 o CL 80.

4. Acqua

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori può chiedere la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

5. Miscela

L'individuazione del dosaggio del legante (legante idraulico ed eventualmente della calce) e dell'umidità ottima di costipamento deve scaturire da specifici studi eseguiti presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

B) ACCETTAZIONE DELLA MISCELA

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, i risultati ottenuti dalle predette prove e quindi la percentuale di calce che intende adottare. Acquisita l'approvazione della Direzione Lavori, può procedere all'impiego della miscela. Le miscele adottate devono possedere i requisiti riportati nella Tabella B.1.

Tabella B.1	MISCELA STABILIZZATA A CALCE E CEMENTO				
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Classi di resistenza
Resistenza a compressione a 28gg	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Resistenza a trazione indiretta a 28gg	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥0.25	
Modulo di rigidezza a 28 gg – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Appendice C	S	GPa	3,0 – 8,0	Categoria T2 – T4
(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

In ogni caso la quantità di calce aggiunta non deve mai essere inferiore al 2,0% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Impresa.

C) POSA IN OPERA

L'operazione di miscelazione deve essere preceduta da quella di frantumazione degli strati esistenti mediante passate successive di idonea fresa o della stessa macchina stabilizzatrice.

Nel caso di riporto di materiali in precedenza fresati, oppure di integrazione si deve procedere allo spianamento in modo da realizzare costantemente lo spessore previsto in progetto.

Terminata l'operazione, si deve determinare l'umidità del materiale in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

Quando i valori di umidità si discostano dall'umidità ottima, determinata a seguito delle prove di laboratorio sopra descritte e concordata con la Direzione Lavori, del ± 2 % (in valore assoluto), si deve aerare il materiale in caso di eccesso di umidità, oppure ad annaffiare se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato.

Acquisita l'umidità ottima o comunque compresa nell'intervallo sopra definito, si procede alla stesa del cemento, mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

Ultimata la stesa del cemento si esegue la miscelazione che deve essere realizzata con una o due passate di pulvimixer.

Qualora il materiale a causa della sua plasticità richiedesse il pretrattamento a calce si procede con le stesse modalità indicate per il cemento, adottando il dosaggio previsto nel progetto della miscela, salvo eventuali modifiche (di dosaggio) ordinate dalla Direzione dei Lavori. Dopo la miscelazione della calce con una o due passate di pulvimixer si passa alla stesa del cemento cui segue la miscelazione, lo spianamento mediante

grader, per ottenere andamenti plano-altimetrici regolari, e la compattazione, con rullo vibrante, di peso superiore a 120 kN, e rullo gommato di peso superiore a 160 kN, fino a raggiungere densità del secco pari (o superiori) al 98% di quelle ottenute in laboratorio con la prova Proctor Standard (UNI EN 13286-2).

Lo spandimento del cemento ed eventualmente della calce deve interessare una superficie non superiore a quella che può essere trattata nella stessa giornata lavorativa e non deve mai essere effettuato in presenza di forte vento per garantire la sicurezza del personale operante, che deve comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comportano la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono essere sovrapposti per almeno 15 cm. Nei giunti trasversali la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di cemento e/o calce, lo spessore, o il grado di compattazione siano inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese devono essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

La lavorazione (stabilizzazione) non deve, di norma, essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 25°C, né sotto la pioggia. Può tuttavia essere consentita a temperature comprese tra i 25°C e i 30°C a condizione che lo strato di protezione con emulsione bituminosa sia realizzato immediatamente dopo la miscelazione e la compattazione.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15°C ÷ 18°C ed umidità relative di circa il 50%; temperature superiori sono ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa dell'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale, ma si deve aumentare lo spessore dello strato sovrastante (fondazione stradale) con spesa a carico dell'Impresa. Sono invece possibili correzioni dei piani finiti "non conformi" per "eccesso" (quote del piano finito superiori a quelle previste) mediante riprofilatura con macchina livellatrice o fresatrice.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, il materiale trattato deve essere protetto mediante la spruzzatura di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) con un dosaggio di 1,0 - 1,5 kg/m² in relazione alla porosità superficiale e alla capacità di assorbimento della parte superiore dello strato trattato. L'emulsione deve essere coperta con sabbia o graniglia per evitarne l'asportazione da parte dei mezzi di cantiere. Il velo di protezione con emulsione bituminosa può essere evitato se lo strato trattato viene ricoperto da uno strato sovrastante in tempi brevi. In questo caso, in attesa del ricoprimento, il materiale stabilizzato a calce e cemento deve essere mantenuto sempre umido, con almeno tre irrorazioni di acqua al giorno, fino alla realizzazione dello strato sovrastante.

D) CONTROLLI

Il controllo della qualità della stabilizzazione con calce e cemento deve essere eseguito mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella D.1.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

A compattazione ultimata la **densità** del secco in sito (γ_s), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2, ASTM D 1556-90).

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito (γ_s) rispetto a quella di laboratorio ($\gamma_{s,ottimo}$) valutato con:

$$s = 100 (0,98\gamma_{s,ottimo} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s,ottimo}$$

Valori della densità del secco, inferiori al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$), misurato in laboratorio sulla

miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2, DIN 18127) comportano la ripetizione del trattamento a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura

Le prove di controllo della **portanza** devono essere eseguite con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWF.

Il Modulo di deformazione E_{v2} deve essere non inferiore a 150 MPa entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 200 MPa dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato sempre con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Quando il valore di E_{v2} risulta maggiore di 250 MPa, il rapporto E_{v2}/E_{v1} non è rilevante.

Per valori medi del modulo E_{v2} , determinati con prove di carico su piastra dopo 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(200 - E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo E_{v2} (dopo 3 giorni) inferiori a 180 MPa e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiori a 2,15 (solo per E_{v2} inferiore a 250 MPa) comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento, i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali. Per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWF, viene individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale viene valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

La Direzione Lavori, quando lo ritiene necessario, può eseguire ulteriori controlli mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD).

L'85° percentile dei valori del **modulo elastico**, rilevati dopo 90 giorni dalla posa in opera, non deve essere superiore a 12,0 GPa. Il 15° percentile degli stessi valori non deve essere inferiore a 4,0 GPa. Per valori dell'85° percentile del modulo elastico, superiori a 12,0 GPa, viene applicata allo strato di fondazione e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dalla fondazione al tappeto di usura) una detrazione pari al 10%.

Per valori del modulo elastico al 15° percentile, inferiori a 4,0 GPa, viene applicata allo strato di fondazione e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dalla fondazione al tappeto di usura) una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (s + s^2)$$

in cui s è la differenza tra 4 GPa ed il valore del 15° percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Le penali in precedenza indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella D.1

Controllo dei materiali e verifica prestazionale

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Miscela di aggregati prima della stesa del legante (calce e cemento)	Fascia di stesa prima dello spandimento del legante	ogni 2000 mq di materiale lavorato	Curva granulometrica di progetto
Miscela di aggregati prima della miscelazione con la calce	Fascia di stesa dopo lo spandimento del legante	ogni 2000 mq di materiale lavorato	Quantità di calce stesa per mq Quantità di cemento steso per mq
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 500 ml di fascia di stesa	densità in sito non inferiore al 98 % della densità di laboratorio con metodo Proctor Standard (UNI EN 13286-2)
Strato finito dopo 3 giorni dalla compattazione	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 ml di fascia di stesa	modulo di deformazione E_{v2} , determinato con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134, non inferiori a 180 MPa con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Premessa

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” prevede per la fondazione in misto granulare non legato l’impiego di prodotti da costruzione con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti del 50% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Articolo 4

MISTO GRANULARE PER STRATI DI FONDAZIONE

Il misto granulare è costituito da una miscela non legata di aggregati ottenuti mediante trattamento di materiali naturali, artificiali o riciclati. Il trattamento può eventualmente prevedere la miscelazione di frazioni granulometriche differenti. Nella sovrastruttura stradale il misto granulare è impiegato per la costruzione di strati di fondazione.

A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1. Aggregati

1.1 Generalità e provenienza

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242 + EN 13285

La designazione di ciascuna pezzatura dovrà contenere:

- dimensioni dell’aggregato;
- tipo di aggregato (composizione petrografica prevalente);
- località di provenienza, eventuale deposito e produttore.

L’aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Nei casi in cui l’aggregato possa venire a contatto con il gelo deve essere privo di fillosilicati e in particolare di caolinti, cloriti, smectiti, vermiculite, miche e di idrossidi di ferro formatosi durante la disgregazione.

Tabella A.1	AGGREGATI				
	Metodo di prova	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13242
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Indice di forma	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-2	F	%	≤1	F ₁
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	NP	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1		%	≤0,5	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3		%	assenti	
Coefficiente di dilatazione con il gelo	SN 670 321		%	≤0,1	
Rigonfiamento			%	Nulla	

Nei misti granulari non legati, ai sensi del DM 05.08.2024 – CAM Strade - deve essere previsto un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 50% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco. Al fine di raggiungere tale obiettivo è possibile l'utilizzo dei materiali riciclati provenienti da scarti di costruzioni o demolizioni edilizie (materiali C&D). La percentuale di impiego dei materiali C&D può essere elevata fino al 100% della miscela.

Nei misti granulari non legati è assolutamente escluso l'impiego di conglomerato bituminoso di recupero (granulato), salvo la quantità massima del 5% (Tabella A2) che può essere contenuta nei materiali C&D di cui sopra.

Gli aggregati di riciclo possono essere impiegati nella fondazione stradale, anche in miscela con aggregati naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella A.2.

Gli impianti di riciclaggio devono comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

I materiali riciclati dalle demolizioni edilizie devono essere conformi alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016, N°1030 "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Tabella A.2 MISCELE DI AGGREGATI RICICLATI			
Caratteristica	Norma	Requisito	Frequenza delle prove
Designazione	UNI EN 13285	0/31,5 mm	1000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC ₇₅	1000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	UF ₉	1000 m ³
Contenuto minimo dei fini	UNI EN 933-1	LF ₂	1000 m ³
Granulometria	UNI EN 933-1	GA	1000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI ₃₅	10.000 m ³
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	SE ₃₀	1000 m ³
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L ≤ 15	2000 m ³
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP ≤ 6%	2000 m ³
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE ₅₀	2000 m ³
Indice di forma	UNI EN 933-4	SI ₄₀	10.000 m ³
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	C _{70/10}	2000 m ³
Resistenza all'urto	UNI EN 1097-2	SZ ₃₂	10.000 m ³
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10.000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	assenti	2000 m ³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcug ₉₀	5000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg ₅₋	1000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	Ra ₅₋	1000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante inerte: leca, cemento schiumato	UNI EN 933-11	FL ₅₋	1000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X _{I-}	1000 m ³
Massa volumica max. con energia Proctor modificata	UNI EN 933-11	√	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 giorni di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	≥50	20.000 m ³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	≤1%	20.000 m ³
Sensibilità al gelo ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	2000 m ³
Coefficiente di dilatazione con il gelo	SN 670 321	≤0,1	10.000 m ³
⁽¹⁾ La prova con cicli di gelo-disgelo è determinata su tutte le frazioni granulometriche			
Il simbolo √ indica che la caratteristica deve essere determinata ma non deve rispondere ad un requisito			
Il simbolo - indica che la caratteristica può essere omessa			

Riguardo alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui

prodotti da costruzione 305/2011/CPR. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

1.2 Dimensioni e granulometria

La descrizione delle pezzature degli aggregati deve essere fatta tramite la designazione d/D secondo quanto specificato dallanorma UNI EN 13242. È richiesto l'impiego degli stacci del gruppo base+2.

La granulometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma UNI EN 13242 per aggregati grossi, aggregati fini ed aggregati in frazione unica.

1.3 Requisiti geometrici, fisici, chimici e di durabilità

Le proprietà degli aggregati utilizzati per il confezionamento della miscela devono essere conformi ai requisiti specificati in Tabella A1. Il possesso di tali requisiti viene attestato dai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi agli ultimi sei mesi.

Il sistema di attestazione della conformità richiesta è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 2+) secondo il regolamento sui prodotti per l'edilizia 305/2011/CPR.

La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2. Miscela

Vengono impiegate miscele la cui curva granulometrica sia specificata in conformità alla norma UNI EN 933-1, con dimensione massima $D = 31,5$ mm (designazione 0/31,5). Le proprietà delle miscele impiegate devono essere conformi ai requisiti specificati in Tabella A.3 e rientrare nel fuso granulometrico riportato in Tabella A.4. In casi particolari, per strati a forte spessore potrà essere utilizzata una miscela 0/63 con curva granulometrica continua (a distribuzione regolare).

Tabella A.3					
Requisiti delle miscele (UNI EN 13285)					
Parametro	Normativa	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13242
Classificazione granulometrica	UNI EN 933-1	G	mm	0/31,5	G ₀
Sopravaglio (Passante allo staccio D)	UNI EN 933-1	OC	%	da 85 a 99	OC ₈₅
Contenuto massimo di fini	UNI EN 933-1	UF	%	≤ 7	UF ₇
Contenuto minimo di fini	UNI EN 933-1	LF	%	≥ 2	LF ₂

L'Impresa può proporre, in alternativa, l'impiego di miscele aventi categoria granulometrica diversa da quelle indicate in Tabella A.3.

L'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) dopo quattro giorni d'imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al setaccio da 25,4 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 50. È inoltre richiesto che tali condizioni siano verificate per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Tabella A.4

MISTO GRANULARE 0/31,5		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	45	100
Setaccio	31,5	85 -99
Setaccio	16	50-78
Setaccio	8	31-60
Setaccio	4	18-46
Setaccio	2	10-35
Setaccio	1	6-26
Setaccio	0,5	2-20
Setaccio	0,063	2-7

Il possesso dei requisiti elencati nelle Tabelle A.3 e A.4 è verificato dalla Direzione Lavori esaminando le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del Produttore che devono essere consegnate alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti delle miscele dichiarati dal Produttore.

B – ACCETTAZIONE DEL MISTO GRANULARE

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, uno studio comprendente almeno:

- la composizione dei misti granulari che intende adottare;
- La Relazione CAM in cui descrive le scelte e le procedure gestionali che garantiscono la conformità ai criteri, oppure le motivazioni per cui chiede l'applicazione parziale o la mancata applicazioni di uno o più criteri ambientali;
- l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP);
- le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del produttore relative all'ultimo anno;
- la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2 o DIN 18127);
- la determinazione dell'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

L'Impresa deve inoltre indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

C – POSA IN OPERA DEL MISTO GRANULARE

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 30cm e non inferiore a 10cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato, senza segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da eseguirsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va fatta con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Lo spessore medio deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità, o per effetto di danni dovuti al gelo, deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi. Per ogni cantiere l'idoneità dei mezzi d'opera e dei modi di costipamento deve essere determinata, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante una prova sperimentale di campo, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere:

- una **densità in sito** (DIN 18125) non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova Proctor Standard (UNI EN 13286-2);
- un **modulo di deformazione** E_{v2} determinato impiegando la metodologia della norma DIN 18134, non inferiore a 180 MPa con **rapporto** E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Quando il valore di E_{v2} risulta maggiore di 250 MPa, il rapporto E_{v2}/E_{v1} non è rilevante.

Le superfici finite devono essere perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati per mezzo di un regolo di 4m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La verifica delle quote di progetto viene eseguita con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 metri nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 metri nei tratti a curvatura variabile. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota va verificata la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale.

Eventuali "non conformità" per "difetto" (mancanza di materiale) dei piani finiti oltre la tolleranza prevista non possono essere corrette con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (spessore inferiore ai 10 cm), ma lo strato non conforme deve essere preventivamente de-costipato (arato) procedendo poi all'aggiunta di materiale e alla nuova compattazione. Sono invece possibili correzioni dei piani finiti "non conformi" per "eccesso" (quote del piano finito superiori a quelle previste) mediante asportazione di materiale con la livellatrice (o fresatrice), purché ovunque compatibili con le quote e le sagome previste dal progetto.

D – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera, deve essere eseguito mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella D.1.

I controlli di accettazione sugli aggregati di cui al paragrafo A, vengono effettuati prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali. Ogni 2 mesi l'Impresa deve trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al controllo di produzione di fabbrica. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori può chiedere la ripetizione dei controlli di accettazione.

Nell'ambito dei controlli di accettazione, la granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, immediatamente prima del costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammesse variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 punti e di ± 2 punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i limiti relativi a quello del fuso assegnato. L'equivalente in sabbia va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

A compattazione ultimata la **densità** del secco in sito (γ_s), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2 ovvero CNR 22/72). Per valori di densità inferiori a quello previsto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito rispetto a quella di laboratorio valutato con:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{s,max} - \gamma_s) / 0,98 \gamma_{s,max}$$

Valori della densità del secco inferiori al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2) comportano la

rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le prove di controllo della **portanza** devono essere eseguite, prima della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD.

Il Modulo di deformazione E_{v2} deve essere non inferiore a 180 MPa con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Quando il valore di E_{v2} risulta maggiore di 250 MPa, il rapporto E_{v2}/E_{v1} non è rilevante.

Per valori medi di portanza inferiori a quello previsto, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(180 - E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo E_{v2} inferiori a 120 MPa e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} superiori a 2,15 (solo per E_{v2} inferiore a 250 MPa) comportano la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali. Per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, viene individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale viene valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato naturale o di riciclo	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabella A.1
Aggregato di riciclo	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabella A.2
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m ³ di stesa	Riferimento Tabelle A.3 e A.4
Sagoma	Strato finito	Ogni 20m o ogni 5m	Sagoma previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m ² m di fascia stesa	$E_{v2} \geq 180 \text{ MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

Premessa

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” prevede per il misto cementato l’impiego di prodotti da costruzione con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 50% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Articolo 5 MISTO CEMENTATO

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei naturali, aggregati di riciclo e legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole anche in presenza di acqua o di gelo.

A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1 Aggregati

1.1 Aggregati lapidei naturali

Gli aggregati lapidei costituiscono in tutto o in parte la fase solida del misto cementato. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi e degli aggregati fini ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242

La designazione dell’aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 1 della UNI EN 13242

La miscela degli aggregati può essere ottenuta dalla combinazione di più classi granulometriche oppure da una classe a frazione unica purché siano soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATI NATURALI					
Caratteristica	Metodo di prova	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13242
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	≤31,5	
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤35	FI ₃₅
Indice di forma	UNI EN 933-4	SI	%	≤40	SI ₄₀
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	C	%	≥70	C _{70/NR}
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	≥50	SE ₅₀
Valore di blu di metilene ⁽¹⁾	UNI EN 933-9	MB	-	≤10	MB ₁₀
Resistenza alla frammentazione	CNR 34/UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Resistenza all'urto	UNI EN 1097-2	SZ	%	≤32	SZ ₃₂
Prova al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2	MS	%	≤25	MS ₂₅
Resistenza al gelo e disgelo ⁽²⁾	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	W _L	%	≤15	
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP	-	N.P.	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1 15.1		%	≤0,5	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3		%	assenti	
Coefficiente di dilatazione con il gelo	SN 670 321		%	≤0,1	
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Rigonfiamento			%	Nulla	
⁽¹⁾ da eseguire solo se equivalente in sabbia SE ₅₀					
⁽²⁾ La prova deve essere eseguita su tutte le singole frazione granulometriche che compongono la miscela di aggregati					

Nei casi in cui l'aggregato possa venire a contatto con il gelo deve essere privo di fillosilicati e in particolare di caolinti, cloriti, vermiculite, miche e di idrossidi di ferro formatosi durante la disgregazione.

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A1 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare, con controlli di accettazione, i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

1.2 Aggregati di riciclo tipo C&D

Nella confezione dei misti cementati, ai sensi del DM 05.08.2024 – CAM Strade - deve essere previsto un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 50% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco. Al fine di raggiungere tale obiettivo è possibile l'utilizzo, in via preferenziale, dei materiali riciclati provenienti da scarti di costruzioni o demolizioni edilizie (materiali C&D), in aggiunta o in alternativa agli aggregati naturali fino al 100% della miscela, purché in possesso dei requisiti di idoneità (previsti dalla Norma UNI 11531-1 per le fondazioni stradali) riportati in Tabella A.2.

In relazione alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Gli impianti di riciclaggio devono comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

I materiali riciclati dalle demolizioni edilizie devono essere conformi alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016, N°1030 "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Tabella A.2	AGGREGATI DI RICICLO		
Caratteristica	Norma	Requisito	Frequenza delle prove
Designazione	UNI EN 13285	0/31,5 mm	
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	MB ₂	1000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	SE ₅₀	1000 m ³
Resistenza alla frammentazione	CNR 34/UNI EN 1097-2	LA ₃₀	10000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS _{0,2}	1000 m ³
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS _{0,8}	1000 m ³
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S ₁	1000 m ³
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	assente	1000 m ³
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V ₅	1000 m ³
Indice Plastico	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP≤10	1000 m ³
Resistenza al gelo e disgelo ⁽¹⁾	UNI EN 1367-1	F ₂	1000 m ³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	Rcug ₉₀	1000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	Rg5-	1000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	Ra30-	1000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₅	1000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante inerte: leca, cemento schiumato	UNI EN 933-11	FL ₅	1000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁	1000 m ³

⁽¹⁾ La prova con cicli di gelo-disgelo va eseguita su tutte le frazioni granulometriche

1.3 Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Ai fini dell'applicazione di queste Norme Tecniche valgono le seguenti definizioni.

Fresato: materiale della pavimentazione stradale rimosso mediante fresatura a freddo.

Conglomerato bituminoso di recupero (RA): conglomerato bituminoso proveniente dalla demolizione della pavimentazione mediante fresatura a freddo (c.d. fresato), oppure con altre macchine di cantiere, ottenuto in sito, lavorato, adatto e pronto per essere utilizzato come materiale costituente per conglomerato bituminoso.

Granulato di conglomerato bituminoso: conglomerato bituminoso che ha cessato di essere rifiuto a seguito di una o più operazioni di recupero di cui all'articolo 184 -ter, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e nel rispetto delle disposizioni del D.M. 28 marzo, n. 69, Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nel misto cementato la percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, compreso quello eventualmente presente negli aggregati di riciclo di cui sopra, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 30%. In casi particolari e con l'approvazione della Direzione Lavori si può impiegare granulato di conglomerato bituminoso fino ad un massimo del 40% riferito al peso totale della miscela.

La percentuale di granulato di conglomerato bituminoso da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

1.4 Aggregati di riciclo di altro tipo

Nella produzione dei misti cementati, oltre ai materiali di riciclo tipo C&D e al granulato di conglomerato bituminoso possono essere impiegati altri materiali di riciclo purché conformi alla Norma UNI 13242 e nel rispetto delle normative ambientali vigenti.

Il contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti previsto dai CAM Strade deve intendersi come somma dei contributi dati dalle singole tipologie e frazioni utilizzate.

L'Appaltatore nella sua Relazione CAM, da presentare alla Direzione Lavori, descrive le scelte e le procedure gestionali che garantiscono la conformità ai criteri CAM, dettaglia i requisiti dei materiali e dei prodotti da costruzione che intende utilizzare.

2 Cemento

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1 e/o UNI EN 197-4 UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

Deve essere usato legante idraulico resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione, preferibilmente di nuova generazione con contenuto di riciclato e ridotto impatto ambientale nella fase di produzione. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di cementi diversi a seguito di motivata richiesta presentata dall'Impresa.

3 Acqua

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori può chiedere la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Il contenuto d'acqua della miscela viene stabilito in base ad uno studio effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dalla UNI EN 13286 -2 (Test methods for the determination of the laboratory referencedensity and water content – Proctorcompaction)

4 Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere impiegate nel misto cementato per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

È ammesso l'utilizzo di **ceneri volanti**, conformi alla norma UNI EN 450, sia a integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, viene stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non può superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza.

È consigliata l'aggiunta d'**idrossido o ossido di calce**, fino al 2% del peso della miscela per migliorare le prestazioni e la lavorabilità.

5 Miscela

La miscela di aggregati naturali e/o di riciclo da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella A.3.

Tabella A.3			MISTO CEMENTATO
Composizione granulometrica			
Serie ISO	mm	% di passante	
Setaccio	40	100	
Setaccio	31,5	90 – 100	
Setaccio	22,4	81 – 88	
Setaccio	16	60 – 80	
Setaccio	11,2	49 – 70	
Setaccio	8	40 – 55	
Setaccio	5,6	31 – 46	
Setaccio	4	26 – 40	
Setaccio	2	17 – 30	
Setaccio	1	12 – 22	
Setaccio	0,5	6 – 15	
Setaccio	0,25	4 – 10	
Setaccio	0,125	2 – 6	
Setaccio	0,063	2 – 5	

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti, ed il contenuto d'acqua della miscela, devono essere espressi come percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati.

Tali percentuali vengono stabilite con specifici studi di laboratorio secondo quanto previsto dalla UNI EN 14227-5. In alternativa può essere impiegato il metodo indicato nel B.U. CNR N. 29.

Le miscele adottate devono possedere i requisiti riportati nella Tabella A.4.

Tabella A.4		MISTO CEMENTATO			
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Classi di resistenza
Resistenza a compressione a 28gg	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Resistenza a trazione indiretta a 28gg	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Modulo di rigidezza a 28 gg – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Appendice C	S	GPa	3,0 – 8,0	Categoria T2 – T4
(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 N/mm².

Nel caso in cui il misto cementato venga impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

B – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Appaltatore è tenuto a trasmettere alla Direzione Lavori, con almeno 15 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, una documentazione riguardante il progetto le miscele che intende impiegare comprendente almeno:

- l'attestato di conformità CE delle pezzature di aggregato impiegate;
- i certificati di prova attestanti il possesso degli ulteriori requisiti delle Tabelle A.1 e A.2;
- la granulometria delle miscele di aggregati studiate;
- la composizione delle miscele studiate (acqua, cemento, aggregato, additivi, aggiunte);
- i risultati delle prove meccaniche.
- la Relazione CAM in cui descrive le scelte e le procedure gestionali che garantiscono la conformità ai criteri, oppure le motivazioni per cui chiede l'applicazione parziale o la mancata applicazioni di uno o più criteri ambientali.

La Direzione Lavori può inoltre chiedere che le proprietà dichiarate negli attestati di conformità CE dei materiali siano comprovate dai risultati di prove effettuate da meno di un anno presso un Laboratorio Ufficiale di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Una volta accettata, da parte della Direzione Lavori la composizione delle miscele, l'Appaltatore deve rigorosamente attenersi ad essa.

L'Appaltatore deve inoltre indicare le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

La documentazione presentata per l'accettazione delle miscele deve essere aggiornata in caso di variazione dei luoghi di provenienza e della natura petrografia dei materiali. Ogni 2 mesi l'Appaltatore deve trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al Controllo di Produzione di Fabbrica delle pezzature di aggregato utilizzate. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori può chiedere la ripetizione dei controlli sui materiali effettuati presso un Laboratorio Ufficiale di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001.

C – CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte devono essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

Il processo di produzione deve essere conforme all'Allegato B delle Norme UNI EN 14227-1 (Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali) e UNI EN 14227-5 (Miscele legate con legante idraulico per strade).

D – PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Il misto cementato viene steso sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. E' inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

E – POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La miscela viene stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di questo ai requisiti di quota, sagoma e portanza indicati in progetto. E' inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa del misto cementato viene eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela e l'inizio della compattazione non deve superare i 60 minuti.

La miscela deve essere stesa per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Le operazioni di compattazione dello strato vengono realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino un'elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una cassaforma e togliendo la cassaforma al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della cassaforma si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di misto cementato. In relazione all'entità dello scostamento si può aumentare lo spessore dello strato sovrastante in conglomerato bituminoso (base) con spesa a carico dell'Impresa (scostamenti piccoli), oppure demolire e ricostruire lo strato di misto cementato sempre con onere a carico dell'Impresa (scostamenti grandi).

Sono invece possibili correzioni dei piani finiti "non conformi" per "eccesso" (quote del piano finito superiori a quelle previste) mediante riprofilatura con macchina fresatrice.

F – PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura deve essere steso, a protezione dello strato finito, un velo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) in ragione di 1,0 - 1,5 kg/m² in relazione alla porosità superficiale e alla capacità di assorbimento della parte superiore dello strato trattato. L'emulsione deve essere coperta con sabbia o graniglia per evitarne l'asportazione da parte dei mezzi di cantiere. I granuli non perfettamente ancorati all'emulsione devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il velo di protezione con emulsione bituminosa può essere evitato se lo strato sovrastante è previsto con miscele a freddo (base a freddo) ed il riporto della miscela (sovrastante) avviene entro le 24 ore dal termine della compattazione del misto cementato. In questo caso la superficie dello strato di misto cementato deve essere mantenuta sempre umida, con almeno tre irrorazioni di acqua al giorno, fino alla realizzazione dello strato sovrastante.

Il transito di cantiere può essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite dalla Direzione Lavori solo se la resistenza necessaria del misto risulta raggiunta e comprovata.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

G – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella G.1.

Le prove vengono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Il prelievo del misto cementato fresco deve avvenire in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni vengono eseguiti i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato, della resistenza a compressione, della resistenza a trazione indiretta. La resistenza a compressione di ciascun prelievo viene ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto da UNI EN 13286-41. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo viene ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto da UNI EN 13286-42.

I valori misurati in sede di controllo devono essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori.

Sullo strato finito vengono eseguiti i controlli dello spessore, della densità in sito e della portanza.

Lo **spessore** dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, calcolando la media delle misure (quattro per ogni punto controllato) rilevate da saggi ovvero da fori di carote (quando l'estrazione

risulta possibile), assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,1 s^2$$

dove s è lo scostamento in percentuale dal valore di progetto.

Nei casi in cui il valore di s risulta superiore a 20 (carenza di spessore superiore al 20%) si procede alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

A compattazione ultimata la **densità** in sito (DIN 18125), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% della massa volumica massima del secco ottenuta in laboratorio con la prova Proctor Standard secondo la Norma UNI EN 13286-2 o, in alternativa, la norma DIN 18127.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in sito (γ_s) rispetto a quella di laboratorio ($\gamma_{s \text{ ottimo}}$) valutato con:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{s \text{ ottimo}} - \gamma_s) / 0,98 \gamma_{s \text{ ottimo}}$$

Valori della densità inferiori al 95% del valore di riferimento comportano la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La misura della **portanza** viene determinata con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD. Il Modulo di deformazione E_{v2} deve risultare non inferiore a 160 MPa entro le 24 ore e non inferiore a 200 MPa a 3 giorni dalla realizzazione dello strato, sempre con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15. Quando il valore di E_{v2} risulta maggiore di 250 MPa, il rapporto E_{v2}/E_{v1} non è rilevante.

Nei casi in cui il valore di portanza E_{v2} determinato entro le 24 ore risulta superiore a 180 MPa, lo strato viene accettato senza l'ulteriore controllo a 3 giorni.

Per valori medi del modulo E_{v2} , determinati con prove di carico su piastra a 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [p/2,5]^2$$

dove p è la differenza tra il valore di E_{v2} riscontrato (a 3 giorni) ed il valore minimo richiesto (200 MPa).

Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali. Per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, viene individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale viene valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Valori del modulo E_{v2} (a 3 giorni) inferiori a 160 MPa e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} superiore a 2,15 (solo per E_{v2} inferiore a 250 MPa) comportano la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori, quando lo ritiene necessario, può chiedere ulteriori controlli mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD).

L'85° percentile dei valori del **modulo elastico**, rilevati dopo 90 giorni dalla posa in opera, non deve essere superiore a 12,0 GPa. Il 15° percentile degli stessi valori non deve essere inferiore a 4,0 GPa. Per valori dell'85° percentile del modulo elastico superiori a 12,0 GPa viene applicata al prezzo di elenco del misto cementato e degli strati sovrastanti (intero pacchetto dal misto cementato al tappeto di usura) una detrazione del 10%.

Per valori del modulo elastico al 15° percentile inferiori a 4,0 GPa viene applicata allo strato di misto cementato e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dal misto cementato al tappeto di usura) una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (s + s^2)$$

dove s è la differenza tra 4 GPa ed il valore del 15° percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Le penali in precedenza indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella G.1

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato naturale	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Aggregato di riciclo	Impianto	Riferimento Tabella A.2	Riferimento Tabella A.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Misto cementato fresco	Vibro finitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Curva granulometrica di progetto; Contenuto di cemento, R _c , R _t
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza) 3 giorni dopo la posa in opera	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	E _{v2} ≥ 200MPa E _{v2} / E _{v1} ≤ 2,15

Premessa

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per gli strati di fondazione con legante idraulico o idrocarburico l’impiego di prodotti da costruzione con un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 50% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Articolo 6

FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA

Le miscele stabilizzate con cemento ed emulsione bituminosa, da impiegare negli strati di fondazione, sono costituite da aggregati vergini ovvero da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) che possono arrivare fino al 100%. Queste miscele trovano impiego sia nella costruzione sia negli interventi di manutenzione di pavimentazioni stradali ed aeroportuali.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso di recupero (fresato), misto cementato, misto granulare, tout venant eventualmente integrati con aggregati vergini (di primo impiego). Non è escluso l’impiego di soli aggregati di primo impiego. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo-argillose ($IP > 6$), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) ovvero preventivamente trattate con calce.

Il conglomerato bituminoso di recupero (fresato), nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere granulato e vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori a 31,5 mm. Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all’impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo si discosti dal fuso indicato nella Tabella A.1, la Direzione Lavori potrà ordinarne l’integrazione mediante l’aggiunta di aggregati di primo impiego di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso previsto.

Tabella A.1

Serie setacci ISO		Passanti
	mm	%
Setaccio	40	100
Setaccio	31,5	80-100
Setaccio	16	58-92
Setaccio	8	42-76
Setaccio	4	30-56
Setaccio	2	18-40
Setaccio	0,5	9-25
Setaccio	0,063	3-8

Gli aggregati di primo impiego sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali: rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati e i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso e l'aggregato fine possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, siano soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabelle A.2 e A.3.

Tabella A.2

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Dimensione max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063 mm	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

Tabella A.3

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantità di frantumato			%	100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤25	-

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A2 e A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Emulsione bituminosa

Il legante bituminoso viene inserito sotto forma di emulsione bituminosa. Tale emulsione deve essere specificatamente formulata, cioè di bitume distillato, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10), con le caratteristiche riportate nella Tabella A.4.

Tabella A.4

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flüssante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	≤0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	P	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -8	

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa riportati in Tabella A.4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

3) Cemento

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders). È preferibile usare legante idraulici resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione, preferibilmente di nuova generazione con contenuto di riciclato e ridotto impatto ambientale nella fase di produzione. Il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

4) Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

B) STUDIO DELLA MISCELA

Le percentuali ottimali di cemento, acqua ed emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono essere eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono essere prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche per via umida (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli inerti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni riportate nella Tabella B.1.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella:	NON drenata
Angolo di rotazione:	1.25° ± 0.02°
Velocità di rotazione:	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale:	600kPa
Dimensioni provino:	150 mm
n° giri:	100
Peso campione:	2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Tabella B.1						
Cemento [%]	2,0					
Acqua[%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Provini [n°]	3	3	3	3	3	3

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e di emulsione bituminosa, come indicato nelle Tabella B.2.

Tabella B.2									
Acqua [%]	Contenuto ottimo								
Cemento [%]	1,5			2,0			2,5		
Emulsione bituminosa [%]	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5
Provini [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire resistenza a trazione diametrale ITS > 0,35 MPa.

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare :

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$) secondo la Norma UNI EN 12697/26;
- perdita di resistenza dopo imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.
- perdita di resistenza dopo saturazione in acqua (per il tempo necessario al raggiungimento del peso costante) e 15 cicli gelo – disgelo ($-20^\circ\text{C}/+20^\circ\text{C}$).

La miscela ottima di progetto è quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua, resistenza a trazione indiretta e resistenza a compressione dopo cicli gelo – disgelo maggiore del 50% di quella ottenuta su provini non trattati.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di ± 10 per gli aggregati riciclati, di ± 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,25$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONE POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa può essere realizzata mediante un “treno” di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno n 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento della miscela ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso non inferiore a 160 kN con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico non inferiore a 240 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa al "treno" di riciclaggio, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (anche se costituita dalla stessa miscela). Si suggerisce pertanto di realizzare lo strato con spessore in eccesso di 10 - 15 mm e di risagomare il piano finito, a costipamento ultimato, con macchina fresatrice.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60B10), la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

D) CONTROLLI

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

La frequenza dei controlli sarà di norma ogni 5000 m² di superficie realizzata (trattata). La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli riguardo all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati deve essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione oppure in sito, dopo un passaggio della macchina riciclatrice (pulvimixer).

Sulla miscela con i leganti vengono determinate: la percentuale di bitume (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) e la percentuale d'acqua. Su provini confezionati con pressa giratoria vengono eseguite le prove di resistenza a trazione indiretta ed il modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta.

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante deflettometro a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD). Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati lo spessore, il peso di volume la resistenza a trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C).

A compattazione ultimata la **densità secca** in sito (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con prelievo di carote), non deve essere inferiore al 97% del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento deve essere costituito dall'addensamento ottenuto sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata direttamente in cantiere con pressa giratoria collocata su un laboratorio mobile. Il campione, costituito da circa 2800 g di miscela (comprensiva di cemento e acqua) deve essere costipato con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di **trazione indiretta** (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta ITS non deve essere inferiore a 0,35 MPa.

Il **modulo di rigidezza** alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria a densità di progetto (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C oppure dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperatura a 40°C deve essere minore del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il **modulo elastico**, rilevato dopo 90 giorni dal trattamento con *Falling Weight Deflectometer*, e riferito alla temperatura di 20°C, al 15° percentile non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 1,5 e 3,0 GPa viene applicata allo strato di fondazione una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10s + 5s^2$$

dove s è la differenza tra 3 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 1,5 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di fondazione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidezza determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (*dynamicplate-load test*). Il **modulo dinamico** E_{vd} dopo la compattazione non deve essere inferiore a 70 MPa nel 90% dei punti analizzati. Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25°C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25°C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25°C. L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza d'impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una piastra di diametro di 300 mm. La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere sistemata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia mono - granulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contatto tra piastra e pavimentazione, oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

Articolo 7 BASE TRADIZIONALE (con bitume normale)

La base tradizionale è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per gli strati di base in conglomerato bituminoso con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 35% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 70	C _{70,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$)

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di base con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 35% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (35%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per strati di base con bitume normale non deve essere maggiore di 40.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 40% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado

di compensare l'eventuale riduzione della prestazione provocata dall'impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l'Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte.

Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Vengono utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego è per la classe 50/70 per le temperature più elevate. Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4			Tipo 50/70	Tipo 70/100
BITUME				
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)				
Variatione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

L'impiego del **conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica

del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati per strati di base deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
BASE AC 32		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	63	100
Setaccio	32	90 - 100
Setaccio	20	69 - 82
Setaccio	8	45 - 56
Setaccio	2	21 - 31
Setaccio	0.5	10 - 17
Setaccio	0.25	6 - 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 - 5.3

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica la miscela per lo strato di base deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	150	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 - 1,65	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25°C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹Coefficiente di trazione indiretta CTI = $\pi/2$ DRt/Dc

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi.

Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z. Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13043 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 160°C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione di uno strato di base è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante la pulizia e l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per **mano di ancoraggio** si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte

superficiale e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

Prima di spruzzare l'emulsione è necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di ristagni d'acqua e di pozzanghere.

Per strati di misto cementato, di fondazione stabilizzata con calce e cemento oppure con cemento ed emulsione bituminosa e per strati di base a freddo, l'emulsione spruzzata a protezione dello strato realizzato costituisce già mano di ancoraggio per lo strato sovrastante. Qualora vi fossero zone in cui, per effetto della circolazione dei mezzi di cantiere, l'emulsione sia stata asportata, essa deve essere reintegrata a cura e spese dell'Impresa, prima della stesa dello strato sovrastante.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	-
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	>40	-

Per **mano d'attacco** si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3), rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.2.

Tabella D.2

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il dosaggio varia a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di stesa della base in due strati il dosaggio dell'emulsione (tra le due basi) deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m²; nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m² di bitume residuo, nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m² di bitume residuo.

E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione

di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

E) POSA IN OPERA

La posa in opera dello strato di base viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi. I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 150° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa della base deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione dello strato di base deve iniziare subito dopo la stesa con un rullo vibrante tandem con peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato con peso di almeno 160 kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di realizzazione della base su strati di fondazione in misto cementato, prima della stesa del conglomerato bituminoso, per garantire l'ancoraggio, deve essere rimossa la graniglia e/o la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso per strati di base e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa della base (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 5°C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume normale (o modificato) ad alta lavorabilità.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore dei sovrastanti strati di binder e tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga).

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697-12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all' 8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**adesione** della base allo strato sottostante di conglomerato bituminoso, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461). Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,85 e 1,60 MPa.

Per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Base	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Base	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, % vuoti, trazione indiretta

Articolo 8

BASE TRADIZIONALE

(con bitume normale - tecnologia dei conglomerati tiepidi)

La base tradizionale di tipo tiepido è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

La “tecnologia dei conglomerati bituminosi tiepidi” consente di operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 ° rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume normale utilizzato. La temperatura di miscelazione più bassa consente una riduzione delle emissioni in atmosfera sia per il minor consumo di combustibile impiegato nel riscaldamento degli aggregati lapidei che per la riduzione dei vapori e dei fumi prodotti dal conglomerato.

Oltre agli aspetti ambientali, la possibilità di operare a temperature più basse salvaguarda il bitume dall'invecchiamento, cioè dall'ossidazione e dall'indurimento provocato dal contatto prolungato con gli aggregati molto caldi.

Al fine di poter operare con temperature più basse possono essere adottate tecniche di schiumatura del bitume in fase di miscelazione, possono essere utilizzati additivi chimici o resine sintetiche cristalline, zeoliti o prodotti simili, possono essere impiegati bitumi appositamente formulati (già additivati).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” indica che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose deve essere inferiore a 120°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo base con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 35% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 70	C _{70/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{\max}=4\text{mm}$)

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato

(granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di base con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 35% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (35%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per strati di base con bitume normale non deve essere maggiore di 40%.

L’Impresa può proporre alla Direzione Lavori l’impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 40% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l’eventuale riduzione della prestazione provocata dall’impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l’Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte.

Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Vengono utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego è per la classe 50/70 per le temperature più elevate. Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4			Tipo 50/70	Tipo 70/100
BITUME				
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	50-70	70 - 100
Punto di ramollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di ramollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di ramollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

L'impiego del **conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Al fine di poter operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle usuali (**tecnologia dei conglomerati tiepidi**), possono essere impiegati additivi chimici, resine sintetiche cristalline (cere), zeoliti o prodotti simili.

Gli additivi chimici sono sostanze tensioattive che agiscono a livello microscopico riducendo le forze di attrito all'interfaccia tra aggregati e bitume favorendo l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose. Le resine sintetiche vengono miscelate con il bitume e svolgono la loro azione attraverso il meccanismo reversibile del cambiamento di stato fisico fusione - cristallizzazione. Nello specifico esse hanno la proprietà di fondere alla temperatura di circa 100°C. Poiché sono completamente solubili nel bitume, al di sopra dei 100°C riducono la viscosità del legante, mentre al di sotto degli 80°C ne aumentano la rigidità. La minore viscosità alle temperature di confezionamento e stesa dei conglomerati bituminosi favorisce l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose.

Gli additivi chimici e le resine sintetiche possono essere aggiunti al bitume in fase di miscelazione oppure possono essere già contenuti nel bitume che viene fornito dal Produttore all'impianto.

Una tecnologia alternativa a quella dell'uso di additivi è costituita dalla schiumatura parziale o totale del bitume in fase di miscelazione con gli aggregati caldi.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati per strati di base deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

BASE AC 32		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	63	100
Setaccio	32	90 - 100
Setaccio	20	69 - 82
Setaccio	8	45 - 56
Setaccio	2	21 - 31
Setaccio	0.5	10 - 17
Setaccio	0.25	6 - 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 - 5.3

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica la miscela per lo strato di base deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6:

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	150	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 - 1,65	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z. Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13043 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%.

Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 150°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione di uno strato di base è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante la pulizia e l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per **mano di ancoraggio** si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

Prima di spruzzare l'emulsione è necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di ristagni d'acqua e di pozzanghere.

Per strati di misto cementato, di fondazione stabilizzata con calce e cemento oppure con cemento ed emulsione bituminosa e per strati di base a freddo, l'emulsione spruzzata a protezione dello strato realizzato costituisce già mano di ancoraggio per lo strato sovrastante. Qualora vi fossero zone in cui, per effetto della circolazione dei mezzi di cantiere, l'emulsione sia stata asportata, essa deve essere reintegrata a cura e spese dell'Impresa, prima della stesa dello strato sovrastante.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	>40	-

Per **mano d'attacco** si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3), rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.2.

Tabella D.2

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il dosaggio varia a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di stesa della base in due strati il dosaggio dell'emulsione (tra le due basi) deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m²; nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m² di bitume residuo, nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m² di bitume residuo.

È ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera dello strato di base viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi. I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 120° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa della base deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione dello strato di base deve iniziare subito dopo la stesa con un rullo vibrante tandem con peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato con peso di almeno 160 kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di realizzazione della base su strati di fondazione in misto cementato, prima della stesa del conglomerato bituminoso, per garantire l'ancoraggio, deve essere rimossa la graniglia e/o la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso per strati di base e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore dei sovrastanti strati di binder e tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga).

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**adesione** della base allo strato sottostante di conglomerato bituminoso, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,85 e 1,60 MPa.

Per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif.Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Base	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Base	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, % vuoti, trazione indiretta

Articolo 9 BASE CON BITUME MODIFICATO

La base con bitume modificato è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per gli strati di base in conglomerato bituminoso con bitume modificato con polimeri un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 25% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura devono essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 70	C _{70/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3					
FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di base con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 25% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (25%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per strati di base con bitume modificato non deve essere maggiore di 25.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 25% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO CON POLIMERI- PmB 45-80/70					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i conglomerati per strati di base deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5. La percentuale di legante, riferita al peso della miscela di aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
BASE AC 32		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	63	100
Setaccio	32	90 - 100
Setaccio	20	69 - 82
Setaccio	8	45 - 56
Setaccio	2	21 - 31
Setaccio	0.5	10 - 17
Setaccio	0.25	6 - 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 - 5.3

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31)

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di base deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	150	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	1,1 - 1,75	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Modulo di rigidezza a 20 °C - 124ms (**)	UNI EN 12697 - 26 Appendice C	S	GPa	5,5 - 11	S _{min5,5} - S _{max11}
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹Coefficiente di trazione indiretta CTI = $\pi/2$ DRt/Dc

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione di uno strato di base è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante la pulizia e l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per **mano di ancoraggio** si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	>40	-

Prima di spruzzare l'emulsione è necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di ristagni d'acqua e di pozzanghere.

Per strati di misto cementato, di fondazione stabilizzata con calce e cemento oppure con cemento ed emulsione bituminosa e per strati di base a freddo, l'emulsione spruzzata a protezione dello strato realizzato costituisce già mano di ancoraggio per lo strato sovrastante. Qualora vi fossero zone in cui, per effetto della circolazione dei mezzi di cantiere, l'emulsione sia stata asportata, essa deve essere reintegrata a cura e spese dell'Impresa, prima della stesa dello strato sovrastante.

Per **mano d'attacco** si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m² nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente fresata, di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m² nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.2.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.2.

Tabella D.2

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

E) POSA IN OPERA

La posa in opera dello strato di base viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa della base deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa della base (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 5°C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

La compattazione dello strato di base deve iniziare subito dopo la stesa con un rullo vibrante tandem con peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato con peso di almeno 160kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso per strati di base e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidità (Norma UNI EN 12697-26 Appendice C).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

% di detrazione = $s + 0,20 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura, comunque confezionati con bitume modificato.

Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore dei sovrastanti strati di binder e tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 2,8% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**adesione** della base allo strato sottostante di conglomerato bituminoso, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461). Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,95 e 1,70 MPa.

Il **modulo di rigidezza** viene determinato sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-26, Appendice C.

Per valori del modulo di rigidezza superiori a 10 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 3 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 10 GPa.

Per valori del **modulo di rigidezza** inferiori a 4,5 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 4,5 GPa.

Valori del modulo di rigidezza inferiori a 2,5 GPa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio della infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Base	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Base	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta, modulo di rigidità

Articolo 10

BASE CON BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITÀ (Tecnologia dei conglomerati tiepidi)

La base con bitume modificato ad alta lavorabilità è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che consentono di operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – indica al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 "*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*" che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume modificato hard deve essere inferiore a 140°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 "*Circolarità dei prodotti da costruzione*", prevede per gli strati di base in conglomerato bituminoso con bitume modificato con polimeri un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 25% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura devono essere accompagnate dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 70	C _{70/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{\max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 2	f_2

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3					
FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$V_{30/45}$
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al $D_{\max}$ previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di base con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere non inferiore al 25% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (25%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per strati di base con bitume modificato non deve essere maggiore di 25.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 25% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'additivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i conglomerati per strati di base deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5. La percentuale di legante, riferita al peso della miscela di aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
BASE AC 32		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	63	100
Setaccio	32	90 -100
Setaccio	20	69 – 82
Setaccio	8	45 – 56
Setaccio	2	21 – 31
Setaccio	0.5	10 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 – 5.3

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di base deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	150	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	1,1 – 1,75	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Modulo di rigidità a 20 °C – 124ms (**)	UNI EN 12697 – 26 Appendice C	S	GPa	5,5 - 11	S _{min5,5} – S _{max11}
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot Rt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 160°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione di uno strato di base è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante la pulizia e l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per **mano di ancoraggio** si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

Tabella D.1					
EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	>40	-

Prima di spruzzare l'emulsione è necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di ristagni d'acqua e di pozzanghere.

Per strati di misto cementato, di fondazione stabilizzata con calce e cemento oppure con cemento ed emulsione bituminosa e per strati di base a freddo, l'emulsione spruzzata a protezione dello strato realizzato costituisce già mano di ancoraggio per lo strato sovrastante. Qualora vi fossero zone in cui, per effetto della circolazione dei mezzi di cantiere, l'emulsione sia stata asportata, essa deve essere reintegrata a cura e spese dell'Impresa, prima della stesa dello strato sovrastante.

Per **mano d'attacco** si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparto Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m² nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente fresata, di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m² nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.2.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.2.

Tabella D.2					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

E) POSA IN OPERA

La posa in opera dello strato di base viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da

parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa della base deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione dello strato di base deve iniziare subito dopo la stesa con un rullo vibrante tandem di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato con peso di almeno 140 kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso per strati di base e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidità (Norma UNI EN 12697-26 Appendice C).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di congruagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura, comunque confezionati con bitume modificato.

Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il congruagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore dei sovrastanti strati di binder e tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un congruagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,0%.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = $2v + 2v^2$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**adesione** della base allo strato sottostante di conglomerato bituminoso, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461). Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = $t + 0,2 t^2$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La Resistenza a Trazione Indiretta, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,95 e 1,70 MPa.

Il **modulo di rigidezza** viene determinato sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-26, Appendice C. Per valori del modulo di rigidezza superiori a 10 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 3 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 10 GPa.

Per valori del **modulo di rigidezza** inferiori a 4,5 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 4,5 GPa.

Valori del modulo di rigidezza inferiori a 2,5 GPa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio della infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Base	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Base	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta, modulo di rigidezza

Articolo 11

CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI A FREDDO PER LA FORMAZIONE DI STRATI DI BASE

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo, direttamente in sito o in impianto (fisso o mobile) viene realizzato mediante idonee attrezzature che consentano di impastare, stendere e compattare la miscela costituita dal conglomerato bituminoso di riciclo, eventuali inerti di integrazione, emulsione di bitume modificato, acqua, cemento ed eventuali additivi.

Il conglomerato bituminoso di riciclo può provenire dalla frantumazione con macchina fresatrice, direttamente dalla sua primitiva posizione, oppure da siti di stoccaggio autorizzati di materiale proveniente dalla demolizione di pavimentazioni stradali.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato bituminoso di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato proveniente dalla demolizione (anche parziale) di pavimentazioni stradali o aeroportuali. La demolizione può essere eseguita con macchine fresatrici o con macchine di altro tipo (escavatori, ecc.). In questo secondo caso il materiale di recupero deve essere sottoposto ad un processo di frantumazione – disgregazione per la riduzione dei blocchi e delle placche alle dimensioni adeguate al suo riutilizzo.

Il conglomerato bituminoso riciclato, nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela. Tale operazione non è necessaria quando è adottata la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

Nel caso di impiego di conglomerato di recupero proveniente da fuori cantiere, questo deve essere qualificato preventivamente in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

La granulometria del conglomerato di recupero deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

2) Aggregati di integrazione

Qualora la composizione granulometrica del materiale fresato non consenta la realizzazione della curva di progetto e/o il bitume nel conglomerato da riciclare sia maggiore del 5%, la miscela deve essere integrata con aggregati nuovi, grossi e fini, costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043. L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	31,5	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantità di frantumato			%	100	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		NP	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	LL	%	≤25	-

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1 e A2 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori richiederà certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

3) Legante

Il legante finale deve essere costituito dal bitume presente nel conglomerato riciclato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa formulata con bitume modificato con polimeri.

L'emulsione per il riciclaggio a freddo deve essere un'emulsione cationica a rottura lenta con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60BP10) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella A.3.

Tabella A.3

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO C60BP10					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	r	%	60+/-1	6
Contenuto flussante	UNI EN 1431	-	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2 - 4	-
Miscelazione con cemento	UNI EN 12848		%	< 2	10
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 60	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -13	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥50	5

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa riportati in Tabella A.3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1.

5) Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

6) Miscela di aggregati

La granulometria della miscela finale di aggregati deve essere compresa nel fuso indicato nella Tabella A.4.

Tabella A.4

Serie setacci ISO		Passanti
	mm	%
Setaccio	80	100
Setaccio	63	95-100
Setaccio	40	85-100
Setaccio	22.5	70-95
Setaccio	10	50-75
Setaccio	4	30-48
Setaccio	2	20-35
Setaccio	0.5	10-18
Setaccio	0.063	4-8

Il fresato può essere corretto granulometricamente mediante granulazione e/o vagliatura ovvero mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

B) STUDIO DELLA MISCELA

Le percentuali ottimali di emulsione bituminosa (di bitume modificato con polimeri) cemento, acqua e dell'eventuale integrazione di aggregati sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Nel caso di riciclaggio del conglomerato bituminoso della pavimentazione esistente, per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale della tratta stradale interessata, devono esser eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Quando è prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono esser prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni riportate nella Tabella B1.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella:	NON drenata
Angolo di rotazione:	1.25° ± 0.02°
Velocità di rotazione:	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale:	600kPa
Dimensioni provino:	150 mm
n° giri:	100
Peso campione:	2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Tabella B.1

Cemento [%]	2,0					
Acqua[%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Provini [n°]	3	3	3	3	3	3

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua sarà quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento ed emulsione bituminosa (di bitume modificato con polimeri), come indicato nella Tabella B.2.

Tabella B.2

Acqua [%]	Contenuto ottimo								
	1,5			2,0			2,5		
Cemento [%]									
Emulsione bituminosa [%]	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0
Provinci [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697/23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire resistenza a trazione indiretta ITS > 0,35 MPa.

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare :

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$) secondo la Norma UNI EN 12697/26;

La miscela ottima di progetto sarà quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3,0 GPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di ± 10 per gli aggregati riciclati, di ± 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di bitume schiumato ovvero di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,25$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo può essere realizzato mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer), autobotte per l'emulsione bituminosa, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno n 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento del conglomerato ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso >180 kN con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico >240 kN.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa all'impianto di riciclaggio semovente, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60BP10), la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

D) CONTROLLI

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa e deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono a discrezione della Direzione Lavori.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale d'acqua e la granulometria degli aggregati (riciclati e di integrazione). Su provini confezionati direttamente in cantiere con pressa giratoria vengono eseguite prove di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23) e modulo di rigidezza per trazione indiretta (UNI EN 12697-26, Annesso C).

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD) ed il prelievo di carote per il controllo delle peso di volume e la verifica degli spessori.

Sulle carote possono inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati la resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26, Annesso C).

A compattazione ultimata la **densità** in sito (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con prelievo di carote), non deve essere inferiore al 97% del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento deve essere costituito dall'addensamento ottenuto sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata direttamente in cantiere con pressa giratoria collocata su un laboratorio mobile. Il campione, costituito da circa 2800 g di miscela (comprensivi di cemento e acqua) deve essere costipato con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di **trazione indiretta** (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (180 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta ITS non deve essere inferiore a 0,35 N/mm².

Il **modulo di rigidezza** alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di 2 µm sulle carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (180 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C o dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Considerando lo stesso provino e gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperatura a 50°C deve essere minore del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il 15° percentile dei valori del **modulo elastico**, rilevati dopo 90 giorni dalla posa in opera mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD), non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 2,0 e 3,0GPa viene applicata allo strato di base a freddo una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 20s + 5s^2$$

dove s è la differenza tra 3GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 2,0 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di base a freddo a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidezza determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

Articolo 12

BINDER TRADIZIONALE

(con bitume normale)

Il binder tradizionale è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 30% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3					
FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 30% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (30%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati tipo binder con bitume normale non deve essere maggiore di 35.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 35% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l'eventuale riduzione della prestazione provocata dall'impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l'Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte.

Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023. Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4			Tipo 50/70	Tipo 70/100
BITUME				
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)				
Variatione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 (bitume 50/70) e A.5 (bitume 70/100) viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela,

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidezza) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5			
BINDER Composizione granulometrica			
Serie ISO	mm	tipoAC20	tipoAC16 ¹
		% di passante	% di passante
Setaccio			
Setaccio			
Setaccio	31,5	100	
Setaccio	20	90 - 100	100
Setaccio	16		90 - 100
Setaccio	10	56 - 68	73 - 80
Setaccio	4	37 - 48	42-53
Setaccio	2	23 - 33	28-38
Setaccio	0,5	9 - 17	11-22
Setaccio	0,25	6 - 12	7 -14
Setaccio	0,063	4 - 7	4-8
Contenuto di legante bituminoso (%)		4,3-5,6	4,5-5,8

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di binder deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 70	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹ Il binder AC16 deve essere impiegato solo quando sono previsti spessori uguali o minori di 5 cm, in particolare per strade interpoderali e per piste ciclabili.

² Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%.

Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 160°C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo. E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m² nel caso di ricariche (stesa di binder su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3, rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da

parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 150° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del binder deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C³ e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del binder deve iniziare subito dopo la stesa, con un rullo vibrante tandem del peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato del peso di almeno 160 kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove sono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

³Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del binder (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 5°C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume normale (o modificato) ad alta lavorabilità.

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di binder fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = $2v + 2v^2$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = $t + 0,2 t^2$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

Per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1.), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per percentuali di

vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ³ di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta

Articolo 13

BINDER TRADIZIONALE

(con bitume normale - tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il binder tradizionale tiepido è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

La “tecnologia dei conglomerati bituminosi tiepidi” consente di operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume normale utilizzato. La temperatura di miscelazione più bassa consente una riduzione delle emissioni in atmosfera sia per il minor consumo di combustibile impiegato nel riscaldamento degli aggregati lapidei che per la riduzione dei vapori e dei fumi prodotti dal conglomerato.

Oltre agli aspetti ambientali, la possibilità di operare a temperature più basse salvaguarda il bitume dall'invecchiamento, cioè dall'ossidazione e dall'indurimento provocato dal contatto prolungato con gli aggregati molto caldi.

Al fine di poter operare con temperature più basse possono essere adottate tecniche di schiumatura del bitume in fase di miscelazione, possono essere utilizzati additivi chimici o resine sintetiche cristalline, zeoliti o prodotti simili, possono essere impiegati bitumi appositamente formulati (già additivati).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” indica che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume normale deve essere inferiore a 120°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 30% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato

(granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 30% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (30%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati tipo binder con bitume normale non deve essere maggiore di 35.

L’Impresa può proporre alla Direzione Lavori l’impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 35% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l’eventuale riduzione della prestazione provocata dall’impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l’Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte.

Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4			BITUME		Tipo 50/70	Tipo 70/100
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti		
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100		
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51		
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10		
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99		
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1					
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8		
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46		
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45		
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11		

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 (bitume 50/70) e A.5 (bitume 70/100) viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela,

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Al fine di poter operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle usuali (**tecnologia dei conglomerati tiepidi**), possono essere impiegati additivi chimici, resine sintetiche cristalline (cere), zeoliti o prodotti simili.

Gli additivi chimici sono sostanze tensioattive che agiscono a livello microscopico riducendo le forze di attrito all'interfaccia tra aggregati e bitume favorendo l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose. Le resine sintetiche vengono miscelate con il bitume e svolgono la loro azione attraverso il meccanismo reversibile del cambiamento di stato fisico fusione - cristallizzazione. Nello specifico esse hanno la proprietà di fondere alla temperatura di circa 100°C. Poiché sono completamente solubili nel bitume, al di sopra dei 100°C riducono la viscosità del legante, mentre al di sotto degli 80°C ne aumentano la rigidità.

La minore viscosità alle temperature di confezionamento e stesa dei conglomerati bituminosi favorisce l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose.

Gli additivi chimici e le resine sintetiche possono essere aggiunti al bitume in fase di miscelazione oppure possono essere già contenuti nel bitume che viene fornito dal Produttore all'impianto.

Una tecnologia alternativa a quella dell'uso di additivi è costituita dalla schiumatura parziale o totale del bitume in fase di miscelazione con gli aggregati caldi.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

BINDER			
Composizione granulometrica			
Serie ISO	mm	<i>tipo AC20</i> % di passante	<i>tipo AC16¹</i> % di passante
Setaccio			
Setaccio			
Setaccio	31,5	100	
Setaccio	20	90 - 100	100
Setaccio	16		90 - 100
Setaccio	10	56 - 68	73 - 80
Setaccio	4	37 - 48	42-53
Setaccio	2	23 - 33	28-38
Setaccio	0,5	9 - 17	11-22
Setaccio	0,25	6 - 12	7 - 14
Setaccio	0,063	4 - 7	4-8
Contenuto di legante bituminoso (%)		4,3-5,6	4,5-5,8

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di binder deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 70	

(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G

(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

¹ Il binder AC16 deve essere impiegato solo quando sono previsti spessori uguali o minori di 5 cm, in particolare per strade interpoderali e per piste ciclabili.

² Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura Rt = resistenza a trazione indiretta

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 150°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo. È ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m² nel caso di ricariche (stesa di binder su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3, rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 120° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del binder deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del binder deve iniziare subito dopo la stesa, con un rullo vibrante tandem del peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato del peso di almeno 160 kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove sono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = $s + 0,20 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6) in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di congruagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il congruagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di binder fino a consentire un congruagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

Per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1.), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta

Articolo 14

BINDER CON BITUME MODIFICATO

Il binder con bitume modificato è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 20% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043/UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3					
FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 20% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (20%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati tipo binder con bitume modificato non deve essere maggiore di 20.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 20% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO CON POLIMERI PmB 45-80/70					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.).

Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5			
BINDER			
Composizione granulometrica			
Serie ISO	mm	<i>tipoAC20</i> % di passante	<i>tipoAC16¹</i> % di passante
Setaccio	31,5	100	
Setaccio	20	90 - 100	100
Setaccio	16		90 - 100
Setaccio	10	56 - 68	73 - 80
Setaccio	4	37 - 48	42-53
Setaccio	2	23 - 33	28-38
Setaccio	0,5	11 - 17	16-22
Setaccio	0,25	6 - 12	7-14
Setaccio	0,063	4 - 7	4-8
Contenuto di legante bituminoso (%)		4,3 - 5,6	4,5 - 5,8

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di binder deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 - 1,65	
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Modulo di rigidità a 20 °C - 124ms (**)	UNI EN 12697 - 26 Appendice C	S	GPa	5,5 - 11	S _{min5,5} - S _{max11}
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹ Il binder AC16 deve essere impiegato solo quando sono previsti spessori uguali o minori di 5 cm, in particolare per strade interpoderali e per piste ciclabili.

² Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere

asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m² nel caso di ricariche (stesa di binder su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa deve rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del binder deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C³ e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del binder deve iniziare subito dopo la stesa con un rullo vibrante tandem del peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato con peso di almeno 160kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove sono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8) la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidezza (Norma UNI EN 12697-26 Appendice C).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

³Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del binder (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 5°C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura, comunque confezionati con bitume modificato. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di binder fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,0% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,85 e 1,60 MPa.

Il **Modulo di Rigidezza** viene determinato sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-26, Appendice C. Per valori del modulo di rigidezza superiori a 10 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 3 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 10 GPa.

Per valori del **Modulo di Rigidezza** inferiori a 4,5 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 4,5 GPa.

Valori del modulo di rigidezza inferiori a 2,5 GPa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio della infrastruttura.

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione della prova, il modulo complesso viene determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della densità in situ (determinata sulle carote).

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta, modulo di rigidezza

Articolo 15

BINDER CON BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA’ (Tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il binder con bitume modificato ad alta lavorabilità è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che consentono di operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell’ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti “tiepidi”.

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – indica al paragrafo 2.2.3 dell’Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume modificato hard deve essere inferiore a 140°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 20% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043 UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{\max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3					
FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può provenire dalla rimozione di qualsiasi strato bituminoso, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al $D_{\max}$ previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 20% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (20%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati tipo binder con bitume modificato non deve essere maggiore di 20.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 20% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'additivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5

Tabella A.5		
BINDER AC 20		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	32.0	100
Setaccio	20.0	90 – 100
Setaccio	10.0	56 – 68
Setaccio	4	37 – 48
Setaccio	2	23 – 33
Setaccio	0.5	11 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 – 7
Contenuto di legante (%)		4.3 – 5.7

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di binder deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Modulo di rigidità a 20 °C – 124ms (**)	UNI EN 12697 – 26 Appendice C	S	GPa	5,5 - 11	S _{min5,5} – S _{max11}
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli

¹ Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot D R_t / D_c$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, D_c = deformazione a rottura, R_t = resistenza a trazione indiretta

aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 160°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m² nel caso di ricariche (stesa di binder su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione

di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa deve rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del binder deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 5°C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del binder deve iniziare subito dopo la stesa con un rullo vibrante tandem con peso di almeno 120 kN, proseguire con un rullo gommato con peso di almeno 160 kN e terminare con alcune passate di finitura eseguite mediante rullo tandem in modalità statica.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove sono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8) la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidezza (Norma UNI EN 12697-26 Appendice C).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di congruagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura, comunque confezionati con bitume modificato. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il congruagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di binder fino a consentire un congruagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2%.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,85 e 1,60 MPa.

Il **Modulo di Rigidezza** viene determinato sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-26, Appendice C.

Per valori del modulo di rigidezza superiori a 10GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 3 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 10GPa.

Per valori del **Modulo di Rigidezza** inferiori a 4,5 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (1 + M^2)$$

dove M è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 4,5 GPa. Valori del modulo di rigidezza inferiori a 2,5 GPa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio della infrastruttura.

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione della prova, il modulo complesso viene determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della densità in situ (determinata sulle carote).

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta, modulo di rigidità

Articolo 16

TAPPETO DI USURA TRADIZIONALE (con bitume normale)

Il tappeto di usura tradizionale è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 15% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione LA ≤ 20 ed alla levigabilità PSV ≥ 44. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l’eventuale proposta dell’Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione LA >20, purché la resistenza alla levigabilità sia PSV ≥ 48.

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm (D_{max}=4mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f _s

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 15% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (15%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume normale non deve essere maggiore di 20.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 20% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado

di compensare l'eventuale riduzione della prestazione provocata dall'impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l'Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte. Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4			Tipo 50/70	Tipo 70/100
BITUME				
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)				
Variatione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastiche e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastiche filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastiche devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere

determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidezza) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi normali appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 65	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹ Coefficiente di trazione indiretta

CTI = $\pi/2$ DRt/Dc

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 160°C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3).

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella D1.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

È ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace precompattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 150° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del tappeto di usura (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10 °C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume normale ad alta lavorabilità.

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0.98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga)

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $0,5 nc^2$

dove nc è la differenza tra 35 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $2v + 2v^2$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $t + 0,2 t^2$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,65 e 1,45MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1.), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 17

TAPPETO DI USURA TRADIZIONALE (con bitume normale - tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il tappeto di usura tradizionale tiepido è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

La “tecnologia dei conglomerati bituminosi tiepidi” consente di operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume normale utilizzato. La temperatura di miscelazione più bassa consente una riduzione delle emissioni in atmosfera sia per il minor consumo di combustibile impiegato nel riscaldamento degli aggregati lapidei che per la riduzione dei vapori e dei fumi prodotti dal conglomerato.

Oltre agli aspetti ambientali, la possibilità di operare a temperature più basse salvaguarda il bitume dall'invecchiamento, cioè dall'ossidazione e dall'indurimento provocato dal contatto prolungato con gli aggregati molto caldi.

Al fine di poter operare con temperature più basse possono essere adottate tecniche di schiumatura del bitume in fase di miscelazione, possono essere utilizzati additivi chimici o resine sintetiche cristalline, zeoliti o prodotti simili, possono essere impiegati bitumi appositamente formulati (già additivati).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” indica che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume normale deve essere inferiore a 120°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 15% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	v _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 15% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (15%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circularità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume normale non deve essere maggiore di 20.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 20% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l'eventuale riduzione della prestazione provocata dall'impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l'Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte. Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4			Tipo 50/70	Tipo 70/100
BITUME				
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi normali appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Al fine di poter operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle usuali (**tecnologia dei conglomerati tiepidi**), possono essere impiegati additivi chimici, resine sintetiche cristalline (cere), zeoliti o prodotti simili.

Gli additivi chimici sono sostanze tensioattive che agiscono a livello microscopico riducendo le forze di attrito all'interfaccia tra aggregati e bitume favorendo l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose. Le resine sintetiche vengono miscelate con il bitume e svolgono la loro azione attraverso il meccanismo reversibile del cambiamento di stato fisico fusione - cristallizzazione. Nello specifico esse hanno la proprietà di fondere alla temperatura di circa 100°C. Poiché sono completamente solubili nel bitume, al di sopra dei 100°C riducono la viscosità del legante, mentre al di sotto degli 80°C ne aumentano la rigidità.

La minore viscosità alle temperature di confezionamento e stesa dei conglomerati bituminosi favorisce l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose.

Gli additivi chimici e le resine sintetiche possono essere aggiunte al bitume in fase di miscelazione oppure possono essere già contenuti nel bitume che viene fornito dal Produttore all'impianto.

Una tecnologia alternativa a quella dell'uso di additivi è costituita dalla schiumatura parziale o totale del bitume in fase di miscelazione con gli aggregati caldi.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione

granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 65	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 150°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3).

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella D1.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 120° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $s + 0,2 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga)

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove nc è la differenza tra 35 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,65 e 1,45MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1.), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 18

TAPPETO DI USURA TRADIZIONALE PER STRADE URBANE (con bitume normale - tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il tappeto di usura tradizionale tiepido per strade urbane è un conglomerato bituminoso a caldo, a granulometria più piccola, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume semisolido (normale), additivi e conglomerato di recupero (fresato).

La “tecnologia dei conglomerati bituminosi tiepidi” consente di operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume normale utilizzato. La temperatura di miscelazione più bassa consente una riduzione delle emissioni in atmosfera sia per il minor consumo di combustibile impiegato nel riscaldamento degli aggregati lapidei che per la riduzione dei vapori e dei fumi prodotti dal conglomerato.

Oltre agli aspetti ambientali, la possibilità di operare a temperature più basse salvaguarda il bitume dall'invecchiamento, cioè dall'ossidazione e dall'indurimento provocato dal contatto prolungato con gli aggregati molto caldi.

Al fine di poter operare con temperature più basse possono essere adottate tecniche di schiumatura del bitume in fase di miscelazione, possono essere utilizzati additivi chimici o resine sintetiche cristalline, zeoliti o prodotti simili, possono essere impiegati bitumi appositamente formulati (già additivati).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” indica che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume normale deve essere inferiore a 120°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 15% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 30% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 15% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (15%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume normale non deve essere maggiore di 20.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 20% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l'eventuale riduzione della prestazione provocata dall'impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l'Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte. Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4			Tipo 50/70	Tipo 70/100
BITUME				
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivante, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi normali appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Al fine di poter operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle usuali (**tecnologia dei conglomerati tiepidi**), possono essere impiegati additivi chimici, resine sintetiche cristalline (cere), zeoliti o prodotti simili.

Gli additivi chimici sono sostanze tensioattive che agiscono a livello microscopico riducendo le forze di attrito all'interfaccia tra aggregati e bitume favorendo l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose. Le resine sintetiche vengono miscelate con il bitume e svolgono la loro azione attraverso il meccanismo reversibile del cambiamento di stato fisico fusione - cristallizzazione. Nello specifico esse hanno la proprietà di fondere alla temperatura di circa 100°C. Poiché sono completamente solubili nel bitume, al di sopra dei 100°C riducono la viscosità del legante, mentre al di sotto degli 80°C ne aumentano la rigidità.

La minore viscosità alle temperature di confezionamento e stesa dei conglomerati bituminosi favorisce l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose.

Gli additivi chimici e le resine sintetiche possono essere aggiunti al bitume in fase di miscelazione oppure possono essere già contenuti nel bitume che viene fornito dal Produttore all'impianto.

Una tecnologia alternativa a quella dell'uso di additivi è costituita dalla schiumatura parziale o totale del bitume in fase di miscelazione con gli aggregati caldi.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve determinare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 10		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	12.0	100
Setaccio	10.0	90 – 100
Setaccio	8.0	75 – 90
Setaccio	4	44 – 62
Setaccio	2	26 – 40
Setaccio	0.5	14 – 22
Setaccio	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.4

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 65	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹ Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot D R_t / D_c$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, D_c = deformazione a rottura, R_t = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 150°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3). Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella D.1.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da

parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 120° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0.98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.). In assenza dello studio della miscela si fa riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 25 b²

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga)

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (30% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 0,5 nc²

dove nc è la differenza tra 30 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 0,5 sa + (0,1 sa)²

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 2v + 2v²

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = t + 0,2 t²

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,65 e 1,40 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1.), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ³ di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote (*)	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

(*) Le carote devono essere prelevate ad oltre un metro da ostacoli fissi quali chiusini, caditoie, pozzetti, cordoli, ecc.

Articolo 19

TAPPETO DI USURA CON BITUME MODIFICATO

Il tappeto di usura con bitume modificato è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l’eventuale proposta dell’Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume modificato non deve essere maggiore di 10.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori. Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastiche e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastiche filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidezza) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	

(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G

(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

¹Coefficiente di trazione indiretta

CTI = $\pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade). Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del tappeto di usura (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10 °C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria, sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotesitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $s + 0,2 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una

quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ nc}^2$$

dove **nc** è la differenza tra 35 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2\text{v} + 2\text{v}^2$$

dove **v** è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = \text{t} + 0,2 \text{ t}^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10\text{H}/0,4)^2 \times 10$$

dove **H**: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di aderenza (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 20

TAPPETO DI USURA CON BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' (Tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il tappeto di usura con bitume modificato ad alta lavorabilità è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei, bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che consentono di operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – indica al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 "*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*" che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume modificato hard deve essere inferiore a 140°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 "*Circolarità dei prodotti da costruzione*" prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f_s

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$V_{30/45}$
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume modificato ad alta lavorabilità la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre

al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume modificato non deve essere maggiore di 10.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità.

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura con bitume modificato ad alta lavorabilità, per ridurre **la sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve determinare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	

(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G

(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 160°C. La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace precompattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2%. Per carenze nella quantità di polimeri SBS viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10p + (5p)^2$$

dove p è il valore dello scostamento della percentuale di polimeri SBS riscontrato (arrotondato allo 0,1%) dal valore previsto del 3,2%.

La percentuale massima di detrazione è pari a 50. Nel caso in cui dal metodo di calcolo sopra indicato risultino detrazioni percentuali maggiori di 50 si applicherà la detrazione massima del 50%.

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati grossi di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli

aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ nc}^2$$

dove **nc** è la differenza tra 35 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove **v** è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (H/0,4) \times 50 \text{ in alternativa } (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove **H** è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 21

TAPPETO DI USURA PER STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI

Il tappeto di usura per strade extraurbane principale è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il tappeto per le strade extraurbane principali si caratterizza per l'impiego di aggregati grossi di natura non carbonatica aventi elevata resistenza alla frammentazione ($LA \leq 20$) ed alla levigabilità ($PSV \geq 44$).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	$\leq 1,5$	WA ₂₄ 2
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥ 44	PSV ₄₄

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di

materiali naturali aventi valore di levigabilità $PSV \leq 44$ il trattenuto al setaccio 2mm non deve essere maggiore del 20 %.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume modificato non deve essere maggiore di 10. L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori. Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per ridurre **la sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere

determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidezza) e le caratteristiche volumetriche della miscela.

I criteri di scelta dell'additivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5. La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹Coefficiente di trazione indiretta CTI = $\pi/2$ DRt/Dc

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato, o arrotondato, si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria, sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotestitura** e l'**aderenza**.

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del tappeto di usura (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10 °C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s , è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%. In assenza dello studio della miscela si fa riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga).

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove nc è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 - 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H : è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di aderenza (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 22

TAPPETO DI USURA AD ALTA LAVORABILITA' PER STRADE EXTRAURBANE PRINCIPALI (Tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il tappeto di usura tiepido per strade extraurbane principali è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il tappeto per le strade extraurbane principali si caratterizza per l'impiego di aggregati grossi di natura non carbonatica aventi elevata resistenza alla frammentazione ($LA \leq 20$) ed alla levigabilità ($PSV \geq 44$).

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che consentono di operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – indica al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 "*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*" che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume modificato hard deve essere inferiore a 140°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 "*Circolarità dei prodotti da costruzione*" prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità $PSV \leq 44$ il trattenuto al setaccio 2mm non deve essere maggiore del 20 %.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche

previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume modificato ad alta lavorabilità non deve essere maggiore di 10.

L’Impresa può proporre alla Direzione Lavori l’impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l’Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all’impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITÀ PmB 45-80/70					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato

bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela.

I criteri di scelta dell'additivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5. La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot D \cdot R_t / D_c$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, D_c = deformazione a rottura, R_t = resistenza a trazione indiretta

aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%.

Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 160°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione

di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato, o arrotondato, si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria, sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotesitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%. In assenza dello studio della miscela si fa riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga).

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ nc}^2$$

dove **nc** è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove **v** è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparto Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove **H**: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di aderenza (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif.Tabella A.1), per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 23

TAPPETO DI USURA CON BITUME MODIFICATO A TESSITURA SUPERFICIALE OTTIMIZZATA (a bassa emissione acustica)

Il tappeto di usura con bitume modificato a tessitura superficiale ottimizzata per la riduzione del rumore di rotolamento AC 10 è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.4 dell’Allegato 1 “Emissione acustica delle pavimentazioni” riporta: *“Il progetto prevede che, nel caso di realizzazione di nuove strade, manutenzione straordinaria o adeguamento, si utilizzino miscele per strati di usura aventi prestazioni acustiche tali da contenere il rumore da rotolamento immesso nell’ambiente circostante, a condizione che non si verifichi una riduzione delle prestazioni, comprese l’aderenza”*.

Tale criterio si applica alle miscele per strati di usura di tipo chiuso, come definito dalla norma UNI EN 13108, installate sia su strade della rete primaria (categoria A – B – D del Codice della strada – d.lgs 285/92 aggiornato alla Legge n°197 del 29-12-22), che su strade di altre categorie nei tratti interessati dall’attuazione dei Piani di Contenimento ed Abbattimento del Rumore (PCAR) previsti dalla Legge Quadro 447/95 e successivi Decreti Attuativi.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f_s

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3					
FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$V_{30/45}$
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre

al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume modificato non deve essere maggiore di 10.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> $4 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura con bitume modificato, per ridurre **la sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidezza) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 10		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	12.0	100
Setaccio	10.0	90 – 100
Setaccio	8.0	75 – 90
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 22
Setaccio	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.4

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

6) Prestazioni acustiche

Il tappeto di usura AC10 a tessitura ottimizzata deve garantire un livello di emissione acustica LCPX, rilevabile con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2, inferiore ai valori limite espressi nella seguente tabella:

Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il valore LCPX + 0 si riferisce al momento di apertura al traffico.

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di ramollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace precompattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.2.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotestitura**, l'**aderenza** ed il **rumore di rotolamento**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del tappeto di usura (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10 °C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $0,5 nc^2$

dove nc è la differenza tra 30 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $2v + 2v^2$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $t + 0,2 t^2$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,25 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nel periodo compreso tra 4 settimane e 12 settimane dall'apertura al traffico viene misurato il **livello di emissione acustica LCPX**, con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2.

Il livello di LCPX non deve essere superiore a quello riportato in tabella F.1 per la corrispondente velocità di prova.

Tabella F.1

Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il protocollo di misura per la verifica del livello LCPX deve essere conforme alla norma UNIEN ISO 11819-2 o alla sua versione semplificata (consigliata) descritta di seguito.

Il tratto di strada sottoposto a verifica deve avere lunghezza:

- pari almeno a 200 m;
- non inferiore al 50% della lunghezza per interventi di estensione superiore a 200 m;
- pari almeno a 1000 m per estese superiori ai 2000 m, suddivisi in tratte da almeno 200 m equamente distribuite lungo il tratto indagato.

Ai fini dell'analisi, il tratto investigato è suddiviso in sezioni di uguale lunghezza pari a 20 m con una tolleranza massima di 1m. Per ciascuna condizione di prova, la tratta deve essere percorsa a velocità costante: la velocità di prova deve essere pari, ove possibile, al limite massimo consentito per la strada indagata o alternativamente a velocità inferiore, da concordare con la DL, per ragioni tecniche o necessarie a garantire la sicurezza degli operatori e degli utenti.

È facoltà della DL richiede prove aggiuntive a velocità inferiori a quella limite consentita.

La pavimentazione deve essere perfettamente asciutta.

Per ogni sezione di 20 m deve essere calcolato il livello LCPX, effettuando una somma energetica dei livelli pesati A dello spettro in bande di terzi d'ottava nell'intervallo 315 - 5000 Hz associato a tale sezione.

I dati di prova devono essere raccolti almeno sulla corsia di marcia, in corrispondenza di almeno un'ormai di ognuna delle corsie oggetto di prova, utilizzando il solo pneumatico P1 previsto dalla ISO/TS 11819-3.

Per aumentare la precisione dei risultati, in aggiunta ai dati acquisiti alla velocità di verifica, è possibile acquisire i dati anche a velocità di percorrenza differenti, al fine di stimare accuratamente il livello LCPX alla velocità di verifica per mezzo della regressione lineare calcolata sui risultati ottenuti a differenti velocità di percorrenza tra il livello sonoro e il logaritmo della velocità.

I dati di prova devono essere corretti per tenere conto della velocità del veicolo, della temperatura dell'aria e della durezza dello pneumatico di riferimento al momento della misura, in modo che i risultati siano riferibili alle condizioni di 20°C di temperatura dell'aria e 66 Shore A di durezza dello pneumatico.

Il risultato finale della prova è il livello di emissione LCPX, calcolato come valor medio dei livelli ottenuti su tutte le sezioni di 20 m su cui sono stati raccolti i dati di prova.

Deve inoltre essere effettuata un'analisi dell'incertezza, derivante dal protocollo di misura e di analisi dei dati, conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3:2008 e deve essere calcolata l'incertezza associata al livello di emissione LCPX con fattore di copertura al 95% per una distribuzione normale monolaterale ($K=1,645$). Si escludono dai calcoli la prima e l'ultima sezione di 20 m di ciascun tratto su cui sono stati raccolti i dati di prova.

Il livello di emissione CPX e la relativa incertezza associata devono essere arrotondati alla prima cifra decimale.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per il livello di emissione acustica LPCX maggiore di quello richiesto, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.2

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 24

TAPPETO DI USURA CON BITUME MODIFICATO A TESSITURA SUPERFICIALE OTTIMIZZATA (a bassa emissione acustica - tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il tappeto di usura con bitume modificato ad alta lavorabilità, a tessitura superficiale ottimizzata per la riduzione del rumore di rotolamento AC 10 è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità, additivi e conglomerato di recupero (fresato).

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che consentono di operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.4 dell'Allegato 1 *"Emissione acustica delle pavimentazioni"* riporta: *"Il progetto prevede che, nel caso di realizzazione di nuove strade, manutenzione straordinaria o adeguamento, si utilizzino miscele per strati di usura aventi prestazioni acustiche tali da contenere il rumore da rotolamento immesso nell'ambiente circostante, a condizione che non si verifichi una riduzione delle prestazioni, comprese l'aderenza"*.

Tale criterio si applica alle miscele per strati di usura di tipo chiuso, come definito dalla norma UNI EN 13108, installate sia su strade della rete primaria (categoria A – B - D del Codice della strada – d.lgs 285/92 aggiornato alla Legge n°197 del 29-12-22), che su strade di altre categorie nei tratti interessati dall'attuazione dei Piani di Contenimento ed Abbattimento del Rumore (PCAR) previsti dalla Legge Quadro 447/95 e successivi Decreti Attuativi.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA > 20$, purché la resistenza alla levigabilità sia $PSV \geq 48$.

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler per tappeto di usura deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	v _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura con bitume modificato non deve essere maggiore di 10.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità.

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti “tiepidi”.

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB 45-80/70					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura con bitume modificato, per ridurre **la sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 10		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	12.0	100
Setaccio	10.0	90 – 100
Setaccio	8.0	75 – 90
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 22
Setaccio	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.4

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

6) Prestazioni acustiche

Il tappeto di usura AC10 a tessitura ottimizzata deve garantire un livello di emissione acustica LCPX, rilevabile con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2, inferiore ai valori limite espressi nella seguente tabella:

Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il valore LCPX + 0 si riferisce al momento di apertura al traffico.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 160°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparto Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.2.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura**, l'**aderenza** ed il **rumore di rotolamento**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media

degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove nc è la differenza tra 30 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697-12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,25 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nel periodo compreso tra 4 settimane e 12 settimane dall'apertura al traffico viene misurato il **livello di emissione acustica LCPX**, con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2.

Il livello di LCPX non deve essere superiore a quello riportato in tabella F1 per la corrispondente velocità di prova.

Tabella F.1

Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
LCPX+ 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il protocollo di misura per la verifica del livello LCPX deve essere conforme alla norma UNIEN ISO 11819-2 o alla sua versione semplificata (consigliata) descritta di seguito.

Il tratto di strada sottoposto a verifica deve avere lunghezza:

- pari almeno a 200 m;
- non inferiore al 50% della lunghezza per interventi di estensione superiore a 200 m;
- pari almeno a 1000 m per estese superiori ai 2000 m, suddivisi in tratte da almeno 200 m equamente distribuite lungo il tratto indagato.

Ai fini dell'analisi, il tratto investigato è suddiviso in sezioni di uguale lunghezza pari a 20 m con una tolleranza massima di 1m. Per ciascuna condizione di prova, la tratta deve essere percorsa a velocità costante: la velocità di prova deve essere pari, ove possibile, al limite massimo consentito per la strada indagata o alternativamente a velocità inferiore, da concordare con la DL, per ragioni tecniche o necessarie a garantire la sicurezza degli operatori e degli utenti.

È facoltà della DL richiede prove aggiuntive a velocità inferiori a quella limite consentita.

La pavimentazione deve essere perfettamente asciutta.

Per ogni sezione di 20 m deve essere calcolato il livello LCPX, effettuando una somma energetica dei livelli pesati A dello spettro in bande di terzi d'ottava nell'intervallo 315 - 5000 Hz associato a tale sezione.

I dati di prova devono essere raccolti almeno sulla corsia di marcia, in corrispondenza di almeno un'ormai di ognuna delle corsie oggetto di prova, utilizzando il solo pneumatico P1 previsto dalla ISO/TS 11819-3.

Per aumentare la precisione dei risultati, in aggiunta ai dati acquisiti alla velocità di verifica, è possibile acquisire i dati anche a velocità di percorrenza differenti, al fine di stimare accuratamente il livello LCPX alla velocità di verifica per mezzo della regressione lineare calcolata sui risultati ottenuti a differenti velocità di percorrenza tra il livello sonoro e il logaritmo della velocità.

I dati di prova devono essere corretti per tenere conto della velocità del veicolo, della temperatura dell'aria e della durezza dello pneumatico di riferimento al momento della misura, in modo che i risultati siano riferibili alle condizioni di 20°C di temperatura dell'aria e 66 ShoreA di durezza dello pneumatico.

Il risultato finale della prova è il livello di emissione LCPX, calcolato come valor medio dei livelli ottenuti su tutte le sezioni di 20 m su cui sono stati raccolti i dati di prova.

Deve inoltre essere effettuata un'analisi dell'incertezza, derivante dal protocollo di misura e di analisi dei dati, conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3:2008 e deve essere calcolata l'incertezza associata al livello di emissione LCPX con fattore di copertura al 95% per una distribuzione normale monolaterale ($K=1,645$). Si escludono dai calcoli la prima e l'ultima sezione di 20 m di ciascun tratto su cui sono stati raccolti i dati di prova.

Il livello di emissione CPX e la relativa incertezza associata devono essere arrotondati alla prima cifra decimale.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per il livello di emissione acustica LPCX maggiore di quello richiesto, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.2

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 25

TAPPETO DI USURA CON POLVERINO DI GOMMA TIPO DRY ITALIA

Il conglomerato bituminoso con pulverino di gomma tipo “dry Italia” è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, conglomerato bituminoso di recupero, bitume modificato ad alta lavorabilità, additivi e pulverino di gomma da PFU inserito direttamente al momento della miscelazione (tecnica dry).

A differenza del tradizionale metodo “dry”, che utilizza bitume tal quale (non modificato) e consiste nel sostituire una piccola parte della sabbia con granuli di pulverino di gomma, la tecnica “dry Italia” prevede l’impiego di bitume modificato ad alta lavorabilità e pulverino di gomma con granulometria molto fine. Non si tratta più di sostituire la sabbia, ma il filler, evitando così i fenomeni di possibili sgranamenti.

L’impiego del bitume modificato garantisce il miglioramento delle prestazioni meccaniche, mentre l’alta lavorabilità consente la riduzione dei fumi prodotti nella fase di miscelazione e stesa.

La particolare granulometria degli aggregati e l’inserimento del pulverino di gomma permettono una consistente riduzione del rumore di rotolamento.

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell’Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Lo stesso DM 05.08.2024 al paragrafo 2.3.4 dell’Allegato 1 “*Emissione acustica delle pavimentazioni*” riporta: “*Il progetto prevede che, nel caso di realizzazione di nuove strade, manutenzione straordinaria o adeguamento, si utilizzino miscele per strati di usura aventi prestazioni acustiche tali da contenere il rumore da rotolamento immesso nell’ambiente circostante, a condizione che non si verifichi una riduzione delle prestazioni, comprese l’aderenza*”.

Tale criterio si applica alle miscele per strati di usura di tipo chiuso, come definito dalla norma UNI EN 13108, installate sia su strade della rete primaria (categoria A – B - D del Codice della strada – d.lgs 285/92 aggiornato alla Legge n°197 del 29-12-22), che su strade di altre categorie nei tratti interessati dall’attuazione dei Piani di Contenimento ed Abbattimento del Rumore (PCAR) previsti dalla Legge Quadro 447/95 e successivi Decreti Attuativi.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-5.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo con pulverino di gomma. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	%	≥44	PSV ₄₄

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità $PSV \leq 44$ il trattenuto al setaccio 2 mm non deve essere maggiore del 20%.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥60	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13108, parti 20 e 21.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura con polverino di gomma il conglomerato di recupero deve provenire, esclusivamente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di recupero, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Nel tappeto di usura con polverino di gomma tipo “dry Italia” la percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 10.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità.

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti “tiepidi”.

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITÀ PmB 25-55/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	25-55	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la riduzione del rumore di rotolamento, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Nei conglomerati bituminosi tipo “dry Italia” un particolare additivo è costituito dal **polverino di gomma** riciclata di pneumatici fuori uso (PFU), che viene immesso nel mescolatore dell'impianto di produzione del conglomerato bituminoso.

Nel metodo “dry Italia” il polverino deve essere a granulometria fine e deve essere ottenuto dal riciclo di pneumatici di soli camion.

Il polverino deve possedere le seguenti caratteristiche:

- gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
- assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
- dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto d'acqua non superiore al 2% in peso, per evitare la formazione di bollicine d'aria durante il processo di miscelazione.

La granulometria del polverino di gomma riciclata deve rispettare i requisiti indicati in Tabella A.5.

Tabella A.5		
GRANULOMETRIA POLVERINO DI GOMMA		
Serie ISO 525	mm	% di passante
Setaccio	0,600	100
Setaccio	0,425	45-70
Setaccio	0,250	5-25
Setaccio	0,075	0-5

Il dosaggio del polverino di gomma riciclata deve essere comprese tra 1,0% e 1,4% riferito al peso degli aggregati.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso con polverino di gomma tipo “dry Italia” deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1. Il produttore deve determinare e dichiarare la composizione tipica della miscela impiegata. La miscela degli aggregati da adottarsi deve avere una composizione granulometrica contenuta in uno dei fusi riportati in Tabella A.6.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.6.

Tabella A.6			
TAPPETO DI USURA CON POLVERINO DI GOMMA “dry Italia”			
Composizione granulometrica			
		Tipo AR 12	Tipo AR 8
Serie ISO	mm	% di passante	% di passante
Setaccio	16	100	
Setaccio	12	90 - 100	
Setaccio	10	67 - 85	
Setaccio	8	53 - 67	100
Setaccio	6,3		80 - 95
Setaccio	4	24 - 36	40 - 70
Setaccio	2	12 - 24	20 - 40
Setaccio	1		11 - 25
Setaccio	0,5	7 - 14	10 - 19
Setaccio	0,25	6 - 11	8 - 15
Setaccio	0,063	4 - 8	6 - 12
Contenuto di legante bituminoso (%)		7,0 - 8,5	7,0 - 8,5

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica la miscela deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.7.

Tabella A.7					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 13	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	5 - 10	V _{min5,0} - V _{max10}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 85	ITSR ₈₅
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 50	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

I provini compattati con 50 rotazioni alle temperature di 160 °C, 140 °C e 120 °C non dovranno presentare variazioni della massa volumica superiori al 2%.

6) Prestazioni acustiche

Il tappeto di usura con pulverino di gomma tipo “dry Italia” deve garantire un livello di emissione acustica LCPX, rilevabile con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2, inferiore ai valori limite espressi nella seguente tabella A8:

Tabella A8								
Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il valore LCPX + 0 si riferisce al momento di apertura al traffico.

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La

documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT, che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

Nella curva granulometrica sono ammesse le seguenti variazioni:

- trattenuto ai singoli setacci di aggregato grosso: ± 5 punti percentuali;
- trattenuto ai singoli setacci di aggregato fine: ± 3 punti percentuali;
- passante allo staccio 0,063 mm: $\pm 1,5$ punti percentuali.

Per la percentuale di bitume è ammesso uno scostamento di $\pm 0,3\%$.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del legante di ancoraggio derivante dall'applicazione di eventuali mani d'attacco.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

In ciascun impianto, la produzione non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento degli aggregati, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio del legante.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante, ma non deve mai essere inferiore ai 30 secondi.

L'introduzione nel miscelatore dei materiali componenti deve avvenire nel seguente ordine: aggregati caldi, bitume modificato, filler, polverino da PFU.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore ai 160°C .

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo $0,25\%$ in peso.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto con polverino di gomma, in qualsiasi condizione (su superfici fresate o di nuova costruzione), si deve provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio dello strato sottostante mediante l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo. Il dosaggio di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato steso a caldo, deve essere di 0,75 kg/m².

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del conglomerato bituminoso con polverino di gomma viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore a 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Per lo stesso motivo, se le vibrofinitrici devono essere fermate per più di 15 minuti o se esiste un intervallo di 15 minuti tra la fine dello scarico di un autocarro e l'inizio dello scarico del successivo, le vibrofinitrici devono essere allontanate dal manto per permettere la compattazione dell'area. Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e, successivamente, lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Eccezionalmente si può riscaldare il bordo della striscia adiacente già stesa con il riscaldatore a raggi infrarossi montato sulla finitrice.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibro finitrici. I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche di tipo e peso adeguati per assicurare la percentuale di vuoti richiesta, nonché la rifinitura dei giunti e delle riprese. Si deve inoltre avere cura che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Il tappeto con polverino di gomma viene steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di legante bituminoso, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrorugosità**, l'**aderenza** ed il **rumore di rotolamento**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura con polverino di gomma “dry Italia” pari a:

% di detrazione = $s + 0,2 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di legante riscontrata viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto con polverino di gomma “dry Italia” pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $0,5 nc^2$

dove nc è la percentuale in peso degli aggregati grossi di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 85% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura con polverino di gomma “dry Italia” pari a:

% di detrazione = $0,5 sa + (0,1 sa)^2$

dove sa è la differenza tra 85 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 10% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

% di detrazione = $2v + 2v^2$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 10%.

Valori dei vuoti superiori al 15% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura con polverino di gomma “dry Italia” allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparto Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = $t + 0,2 t^2$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nel periodo compreso tra 4 settimane e 12 settimane dall'apertura al traffico viene misurato il **livello di emissione acustica LCPX**, con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2.

Il livello di LCPX non deve essere superiore a quello riportato in tabella F1 per la corrispondente velocità di prova.

Tabella F.1

Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
LCPX+ 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il protocollo di misura per la verifica del livello LCPX deve essere conforme alla norma UNIEN ISO 11819-2 o alla sua versione semplificata (consigliata) descritta di seguito.

Il tratto di strada sottoposto a verifica deve avere lunghezza:

- pari almeno a 200 m;
- non inferiore al 50% della lunghezza per interventi di estensione superiore a 200 m;
- pari almeno a 1000 m per estese superiori ai 2000 m, suddivisi in tratte da almeno 200 m equamente distribuite lungo il tratto indagato.

Ai fini dell'analisi, il tratto investigato è suddiviso in sezioni di uguale lunghezza pari a 20 m con una tolleranza massima di 1m. Per ciascuna condizione di prova, la tratta deve essere percorsa a velocità costante: la velocità di prova deve essere pari, ove possibile, al limite massimo consentito per la strada indagata o alternativamente a velocità inferiore, da concordare con la DL, per ragioni tecniche o necessarie a garantire la sicurezza degli operatori e degli utenti.

È facoltà della DL richiede prove aggiuntive a velocità inferiori a quella limite consentita.

La pavimentazione deve essere perfettamente asciutta.

Per ogni sezione di 20 m deve essere calcolato il livello LCPX, effettuando una somma energetica dei livelli pesati A dello spettro in bande di terzi d'ottava nell'intervallo 315 - 5000 Hz associato a tale sezione.

I dati di prova devono essere raccolti almeno sulla corsia di marcia, in corrispondenza di almeno un'ormaia di ognuna delle corsie oggetto di prova, utilizzando il solo pneumatico P1 previsto dalla ISO/TS 11819-3.

Per aumentare la precisione dei risultati, in aggiunta ai dati acquisiti alla velocità di verifica, è possibile acquisire i dati anche a velocità di percorrenza differenti, al fine di stimare accuratamente il livello LCPX alla velocità di verifica per mezzo della regressione lineare calcolata sui risultati ottenuti a differenti velocità di percorrenza tra il livello sonoro e il logaritmo della velocità.

I dati di prova devono essere corretti per tenere conto della velocità del veicolo, della temperatura dell'aria e della durezza dello pneumatico di riferimento al momento della misura, in modo che i risultati siano riferibili alle condizioni di 20°C di temperatura dell'aria e 66 ShoreA di durezza dello pneumatico.

Il risultato finale della prova è il livello di emissione LCPX, calcolato come valor medio dei livelli ottenuti su tutte le sezioni di 20 m su cui sono stati raccolti i dati di prova.

Deve inoltre essere effettuata un'analisi dell'incertezza, derivante dal protocollo di misura e di analisi dei dati, conformemente alla ISO/IEC Guide 98-3:2008 e deve essere calcolata l'incertezza associata al livello di emissione LCPX con fattore di copertura al 95% per una distribuzione normale monolaterale (K=1,645). Si escludono dai calcoli la prima e l'ultima sezione di 20 m di ciascun tratto su cui sono stati raccolti i dati di prova.

Il livello di emissione CPX e la relativa incertezza associata devono essere arrotondati alla prima cifra decimale.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per il livello di emissione acustica LPCX maggiore di quello richiesto, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1.), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1				
CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ³ di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 26

TAPPETO DI USURA TIPO SPLITTMASTIX

Lo splittmastix è un conglomerato bituminoso a caldo caratterizzato dalla presenza di una elevata quantità di graniglia e da un "mastiche" costituito da bitume modificato + filler + fibre stabilizzanti (splittmastix-asphalt). Le particolari caratteristiche granulometriche (e litologiche) degli aggregati impiegati unitamente ad un alto contenuto di legante modificato con polimeri consente a questo tipo di pavimentazione di fornire prestazioni di assoluto livello in termini di durabilità, stabilità e resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale e resistenza all'ormaiamento.

Il conglomerato tipo splittmastix è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato, additivi, fibre e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-5.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100.0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di

materiali naturali aventi valore di levigabilità $PSV \leq 44$ il trattenuto al setaccio 2mm non deve superare il 20%.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 60	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di ramollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13108, parti 20 e 21.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto tipo splittmastix il conglomerato di recupero deve provenire, esclusivamente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso (splittmastix) con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 "Circolarità dei prodotti da costruzione" del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura tipo splittmastix non deve essere maggiore di 10.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all'impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variatione del punto di rammolimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura tipo splittmastix, per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.).

Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela.

I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Le **fibre minerali** nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

I criteri di scelta delle fibre, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-5.

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo splittmastix, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
SPLITTMASTIX SMA 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16	100
Setaccio	12	90 – 100
Setaccio	10	55 – 75
Setaccio	4	28 – 43
Setaccio	2	20 – 30
Setaccio	0.5	12 – 19
Setaccio	0.063	8 – 12
Contenuto di legante (%)		6,0 – 7,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibrette in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Nella composizione tipica la miscela per lo strato di splittmastix deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	8 – 12	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	2 – 4	V _{min2,0} – V _{max4}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 60	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-5 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT, che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade). Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto tipo splittmastix è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,50 kg/m².

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del manto di usura tipo splittmastix viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa dello splittmastix deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C² e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello splittmastix verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

²Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa dello splittmastix (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10 °C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotestitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

% di detrazione = $s + 0,2 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume riscontrata viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di **aggregati grossi** di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a: **% di detrazione = $0,5 nc^2$**

dove **nc** è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$ trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove **v** è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'ancoraggio del tappeto di usura allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,70 e 1,45MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di **HS inferiori a 0,5** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,5)^2 \times 10$$

dove **H**: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,5.

Valori di HS inferiori a 0,35 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 60 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 50 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1				
CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Splittmastix	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,50
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia stesa	PTV ≥ 60

Articolo 27

TAPPETO DI USURA TIPO SPLITTMASTIX CON BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' (Tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Lo splittmastix è un conglomerato bituminoso a caldo caratterizzato dalla presenza di una elevata quantità di graniglia e da un "mastiche" costituito da bitume modificato + filler + fibre stabilizzanti (splittmastix-asphalt). Le particolari caratteristiche granulometriche (e litologiche) degli aggregati impiegati unitamente ad un alto contenuto di legante modificato con polimeri consente a questo tipo di pavimentazione di fornire prestazioni di assoluto livello in termini di durabilità, stabilità e resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale e resistenza all'ormaiamento.

Il conglomerato tipo splittmastix ad alta lavorabilità è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità, additivi, fibre e conglomerato di recupero (fresato).

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – indica al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume modificato hard deve essere inferiore a 140°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure chiuse in conglomerato bituminoso con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-5.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA _{24/2}
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{\max}=4\text{mm}$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità $PSV \leq 44$ il trattenuto al setaccio 2mm non deve superare il 20%.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 60	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f_s

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$V_{30/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13108, parti 20 e 21.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto tipo splittmastix il conglomerato di recupero deve provenire, esclusivamente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al $D_{\max}$ previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura di tipo chiuso (splittmastix) con bitume modificato ad alta lavorabilità la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura tipo splittmastix non deve essere maggiore di 10.

L’Impresa può proporre alla Direzione Lavori l’impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 10% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (granulato di conglomerato bituminoso) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l’Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tale relazione CAM deve contenere gli studi di laboratorio, eseguiti sulla miscela proposta, atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso, grazie all’impiego di un legante ad elevato contenuto di polimeri elastomerici (SBS), non riduce le prestazioni (resistenza a fatica a parità di deformazione).

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità.

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell’ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti “tiepidi”.

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura tipo splittmastix, per ridurre **la sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato. Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.).

Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela.

I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Le **fibre minerali** nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

I criteri di scelta delle fibre, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-5.

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo splittmastix, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

SPLITTMASTIX SMA 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16	100
Setaccio	12	90 – 100
Setaccio	10	55 – 75
Setaccio	4	28 – 43
Setaccio	2	20 – 30
Setaccio	0.5	12 – 19
Setaccio	0.063	8 – 12
Contenuto di legante (%)		6,0 – 7,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibrette in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Nella composizione tipica la miscela per lo strato di splittmastix deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	8 – 12	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	2 – 4	V _{min2,0} – V _{max4}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,50	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 60	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-5 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT, che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 160°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto tipo splittmastix è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,50 kg/m².

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del manto di usura tipo splittmastix viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa dello splittmastix deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello splittmastix verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

% di detrazione = $s + 0,2 s^2$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume riscontrata viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di **aggregati grossi** di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a: $\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$

dove nc è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$ trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'ancoraggio del tappeto di usura allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,70 e 1,45MPa.

La **macrotestitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di **HS inferiori a 0,5** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,5)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,5.

Valori di HS inferiori a 0,35 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 60 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 50 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per la carenza di polimeri SBS, per l'eccesso nella quantità di bitume, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1				
CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Splittmastix	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,50
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia stesa	PTV ≥ 60

Articolo 28

TAPPETO DI USURA CON LEGANTE CHIARO PER STRADE EXTRAURBANE

Il tappeto di usura con legante chiaro (trasparente) è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, legante chiaro e additivi.

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.1. dell’Allegato 1 “*Sostenibilità ambientale dell’opera*” prevede per le nuove strade urbane di tipo F e F-bis l’impiego di soluzioni progettuali che conseguano un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 20. Per le aree di sosta o stazionamento, parcheggi, piste ciclabili, marciapiedi, piazze e di percorsi pedonali un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 29. Per le pavimentazioni stradali in galleria richiede una valutazione tecnico-ambientale sull’opportunità di utilizzo di materiali che abbiano un coefficiente medio di luminanza, definito nella norma UNI 11248 – Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche non inferiore a 0,1.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego, quelli artificiali o di recupero costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi chiari. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi), materiali di recupero, sottoprodotti o materiali artificiali.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA _{24,2}
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A2. Qualora l’aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di

materiali naturali aventi valore di levigabilità PSV ≤ 44 il trattenuto al setaccio 2 mm non deve essere maggiore del 20 %.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥ 70	-
Quantità di frantumato			%	≥ 70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤ 5	f ₅

2) Filler

Nella produzione dei conglomerati chiari deve essere utilizzato prevalentemente (almeno 2/3) filler industriale costituito da carbonato di calcio con l'eventuale aggiunta di calce idrata (filler composito). La parte restante può essere costituita da filler di recupero (preferibilmente polvere di roccia calcarea), comunque di colore chiaro e privo di residui di bitume nero.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥ 5	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

3) Legante

Il legante chiaro (trasparente) deve essere di derivazione bituminosa, modificato con polimeri.

Il legante deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il legante ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4

LEGANTE CHIARO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 60	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ -12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del legante trasparente. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Al fine di ottenere una **colorazione più chiara**, la miscela può essere additivata con lo 0,5% di biossido di titanio.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

5) Miscele

Il conglomerato con legante chiaro prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO CHIARO AC 12		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
Setaccio	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	8 – 12
Contenuto di legante (%)		5,5 – 6,5

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,45	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 65	

(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G

(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

Il tappeto di usura con legante chiaro (trasparente), quando destinato alle pavimentazioni stradali in galleria deve avere un coefficiente medio di luminanza, definito nella norma UNI 11248 – Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche non inferiore a 0,1.

Nei casi in cui tappeto di usura con legante chiaro venga utilizzato per pavimentazioni stradali al di fuori delle gallerie deve avere un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 29.

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato chiaro deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta.

Prima della produzione del conglomerato con legante chiaro l'impianto deve essere accuratamente pulito in modo da evitare che eventuali residui di conglomerato bituminoso nero (degli impasti precedenti) possano contaminare (sporcare) la miscela chiara.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del legante neutro alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con legante chiaro deve essere inferiore o uguale a 175 °C.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto d'usura con legante chiaro è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di tappeto di usura chiaro.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Il bitume modificato con polimeri steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella stessa Tabella D.1.

Tabella D.1					
EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura con legante chiaro viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Prima della posa del conglomerato con legante chiaro la vibrofinitrice e tutte le altre attrezzature utilizzate per la stesa devono essere accuratamente pulite in modo da evitare che eventuali residui di conglomerato bituminoso nero possano contaminare (sporcare) la miscela chiara. Qualora questo dovesse accadere si procederà alla rimozione dello strato di tappeto con legante chiaro e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso chiaro deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere perfettamente puliti, privi di tracce di bitume nero e di qualsiasi altro materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura per proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C.

La stesa dei conglomerati chiari deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare immediatamente dopo la stesa con la vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120kN.

Si avrà cura, inoltre, che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Il tappeto con legante chiaro viene steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato con legante chiaro e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di legante, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461).

In situ vengono misurate la **macrotestitura** e l'**aderenza** e l'**indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI)**. Nelle pavimentazioni chiare in galleria, invece della misura dell'indice di riflessione solare viene rilevato il **coefficiente medio di luminanza** (Norma UNI 11248).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è la massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa. In mancanza di prelievi di miscela sfusa e dei conseguenti risultati di prova si può utilizzare il γ_{miscela} riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6).

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di **legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove nc è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove **v** è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,65 e 1,40 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di **HS inferiori a 0,4** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove **H**: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,25 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per l'indice di riflessione solare SRI inferiore a 29 oppure (per le pavimentazioni in galleria) per il coefficiente medio di luminanza inferiore a 0,1, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura chiara	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura chiara	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura chiara	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura chiara	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura chiara	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura chiara	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura chiara	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta.
Usura chiara	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura chiara	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 29

TAPPETO DI USURA CON LEGANTE CHIARO PER AREE PEDONALI E STRADE URBANE A BASSO TRAFFICO

Il tappeto di usura con legante chiaro (trasparente) è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati, legante chiaro e additivi.

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.1. dell’Allegato 1 “*Sostenibilità ambientale dell’opera*” prevede per le nuove strade urbane di tipo F e F-bis l’impiego di soluzioni progettuali che conseguano un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 20. Per le aree di sosta o stazionamento, parcheggi, piste ciclabili, marciapiedi, piazze e di percorsi pedonali un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 29.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati

Gli aggregati di primo impiego, quelli artificiali o di recupero costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi chiari. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi), materiali di recupero, sottoprodotti o materiali artificiali.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa, preferibilmente di colore chiaro, purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄₂
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥40	PSV ₄₀

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 30% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione LA ≤ 20 ed alla levigabilità PSV ≥ 44. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l’eventuale proposta dell’Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione LA > 20, purché la resistenza alla levigabilità sia PSV ≥ 48.

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm (D_{max}=4mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa, preferibilmente di colore chiaro, purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f _s

2) Filler

Nella produzione dei conglomerati chiari deve essere utilizzato prevalentemente (almeno 2/3) filler industriale costituito da carbonato di calcio con l'eventuale aggiunta di calce idrata (filler composito). La parte restante può essere costituita da filler di recupero (preferibilmente polvere di roccia calcarea), comunque di colore chiaro e privo di residui di bitume nero.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	v _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

3) Legante

Il legante chiaro (trasparente) deve essere di derivazione bituminosa, modificato con polimeri.

Il legante deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il legante ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4

LEGANTE CHIARO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥60	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, γ=10s ⁻¹	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento					
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del legante trasparente. La

documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Per ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Al fine di ottenere una **colorazione più chiara**, la miscela può essere additivata con lo 0,5% di biossido di titanio.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

5) Miscele

Il conglomerato con legante chiaro prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il Produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO CHIARO AC 10		
Composizione granulometrica		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	12.0	100
Setaccio	10.0	90 – 100
Setaccio	8.0	75 – 90
Setaccio	4	44 – 62
Setaccio	2	26 – 40
Setaccio	0.5	14 – 22
Setaccio	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		5.5 – 6.8

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,65 – 1,40	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 65	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

Il tappeto di usura con legante chiaro (trasparente), indipendentemente dagli impieghi a cui è destinato deve avere un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 29.

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato chiaro deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Prima della produzione del conglomerato con legante chiaro l'impianto deve essere accuratamente pulito in modo da evitare che eventuali residui di conglomerato bituminoso nero (degli impasti precedenti) possano contaminare (sporcare) la miscela chiara.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$,

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del legante neutro alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con legante chiaro deve essere inferiore o uguale a 175 °C.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto d'usura con legante chiaro è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di tappeto di usura chiaro.

Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm ²	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura con legante chiaro viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Prima della posa del conglomerato con legante chiaro la vibrofinitrice e tutte le altre attrezzature utilizzate per la stesa devono essere accuratamente pulite in modo da evitare che eventuali residui di conglomerato bituminoso nero possano contaminare (sporcare) la miscela chiara. Qualora questo dovesse accadere si procederà alla rimozione dello strato di tappeto con legante chiaro e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso chiaro deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere perfettamente puliti, privi di tracce di bitume nero e di qualsiasi altro materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura per proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C.

La stesa dei conglomerati chiari deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare immediatamente dopo la stesa con la vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Il tappeto con legante chiaro viene steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato con legante chiaro e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di legante, la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento D_G (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 - 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461).

In situ vengono misurate la **macrorugosità** e l'**aderenza** e l'**indice di riflessione solare** (Solar Reflectance Index, SRI).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right)}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è la massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa. In mancanza di prelievi di miscela sfusa e dei conseguenti risultati di prova si può utilizzare il γ_{miscela} riportato nello studio della miscela (D_G della tabella A.6).

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$ viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (30% in peso del totale degli aggregati) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 n_c^2$$

dove n_c è la differenza tra 30 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 44$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 - 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 \text{ sa} + (0,1 \text{ sa})^2$$

dove sa è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura chiaro pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,55 e 1,40 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di **HS inferiori a 0,4** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,25 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per l'indice di riflessione solare SRI inferiore a 29, per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura chiara	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura chiara	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura chiara	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura chiara	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura chiara	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura chiara	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura chiara	Carote (*)	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, prova di taglio Leutner, trazione indiretta.
Usura chiara	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura chiara	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

(*) Le carote devono essere prelevate ad oltre un metro da ostacoli fissi quali chiusini, caditoie, pozzetti, cordoli, ecc.

Articolo 30

CONGLOMERATO BITUMINOSO POROSO INTASATO CON MALTA CEMENTIZIA (GROUTED MACADAM) PER PAVIMENTAZIONI SEMIFLESSIBILI

Le pavimentazioni semiflessibili sono costituite da conglomerato poroso con bitume modificato intasato con malta cementizia (grouted macadam). Il conglomerato poroso è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei, bitume modificato con polimeri e additivi. Le particolari caratteristiche granulometriche (e litologiche) degli aggregati impiegati unitamente al legante modificato con polimeri formano la struttura portante della pavimentazione. Il conglomerato bituminoso poroso viene intasato con un'apposita malta fluida ad alte prestazioni che consente a questo tipo di pavimentazione di fornire prestazioni di assoluto livello in termini di durabilità, stabilità e resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale e resistenza all'ormaiamento.

Il Grouted Macadam può essere utilizzato per la realizzazione di pavimentazioni chiare in galleria oppure per aree di sosta, 10 parcheggi, piste ciclabili, marciapiedi, piazze ecc.

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.1. dell'Allegato 1 “*Sostenibilità ambientale dell'opera*” prevede per le nuove strade urbane di tipo F e F-bis l'impiego di soluzioni progettuali che conseguano un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 20. Per le aree di sosta o stazionamento, parcheggi, piste ciclabili, marciapiedi, piazze e di percorsi pedonali un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 29. Per le pavimentazioni stradali in galleria richiede una valutazione tecnico-ambientale sull'opportunità di utilizzo di materiali che abbiano un coefficiente medio di luminanza, definito nella norma UNI 11248 – Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche non inferiore a 0,1.

Lo stesso DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circularità dei prodotti da costruzione*” prevede per le usure drenanti (conglomerato bituminoso con bitume modificato) un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 10% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele bituminose impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1. La malta di intasamento deve essere qualificata dal Produttore tramite una certificazione attestante i requisiti richiesti.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati lapidei di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4mm$).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f ₅

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler per il conglomerato bituminoso poroso deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può richiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto drenante il conglomerato di recupero deve provenire, esclusivamente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche

previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grassi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura drenanti con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 10% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (10%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per tappeto di usura drenante (da intasare con malta cementizia) non deve essere maggiore di 10.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R_E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all’acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nel conglomerato poroso per pavimentazioni semiflessibili, al fine di ridurre la **sensibilità all’acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l’adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all’azione dell’acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.).

Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela.

I criteri di scelta dell'additivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

Le fibre nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

I criteri di scelta delle fibre, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

4) Miscela bituminosa

Il conglomerato bituminoso poroso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

Il Produttore deve indicare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate.

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
CONGLOMERATO BITUMINOSO POROSO PA 11		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	11.2	90 – 100
Setaccio	8	6 – 26
Setaccio	5,6	5 - 20
Setaccio	4	5 - 17
Setaccio	2	5 – 12
Setaccio	1	4 - 11
Setaccio	0,5	3 - 11
Setaccio	0,25	2 – 9
Setaccio	0,063	2 - 7
Contenuto di legante (%)		3.8 – 4.5

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per il conglomerato poroso deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6 (metodo volumetrico).

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	28 - 30	V10G _{min28}
Vuoti a 50 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	26 - 30	V _{min26} - V _{max30}
Vuoti a 130 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥24	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	>90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	> 0,4	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	> 30	
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria					

5) Malta di intasamento

La malta da impiegare per l'intasamento del conglomerato bituminoso poroso è una malta superfluida ad alte prestazioni, composta da malta secca premiscelata e da acqua di miscelazione.

La malta secca, costituita da cemento (legante), aggregati lapidei e additivi, deve avere una composizione granulometrica, determinata secondo la Norma UNI EN 933-10, conforme a quanto riportato in Tabella A.8

Tabella A.8

MALTA D 0,25		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di trattenuto
Setaccio	0.5	< 5%
Setaccio	0.25	<20%

L'acqua di impasto deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori può chiedere la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Il dosaggio dell'acqua, variabile in funzione delle modalità di miscelazione e della porosità del conglomerato bituminoso, deve essere adottato dall'Impresa sulla base di quanto indicato nella Scheda Tecnica fornita dal Produttore e comunque tale da ottenere la fluidità necessaria per raggiungere un grado di intasamento del conglomerato bituminoso non inferiore all'85%.

La malta, fresca e indurita, deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.9.

Tabella A.9

MALTA FRESCA E INDURITA					
<i>Requisito*</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Capacità di flusso	UNI EN 445 / RVS 08.16.03	T	sec	< 45	T ₀
Capacità di flusso a 30 min	UNI EN 445 / RVS 08.16.03	T	sec	> 55	T ₃₀
Massa volumica della malta fresca	UNI EN 12350-6 / RVS 08.16.03	F	kg/m ³	>2000	F ₀
Massa volumica della malta fresca a 30 min	UNI EN 12350-6 / RVS 08.16.03	F	kg/m ³	>2000	F ₃₀
Prova di spandimento	UNI EN 12706 / RVS 08.16.03	A	mm	>155	A ₀
Prova di spandimento a 30 min	UNI EN 12706 / RVS 08.16.03	A	mm	>150	A ₃₀
Ritiro	UNI EN 12617-4	R	%	< 3	
Ritiro precoce 1 gg	UNI EN 12617-4	R	%	< 1	R ₁
Resistenza a compressione a 24 h	UNI EN 1015-11		MPa	>15	
Resistenza a compressione a 28 gg	UNI EN 1015-11		MPa	> 45	
Resistenza a flessione a 24 h	UNI EN 1015-11		MPa	>3	
Resistenza a flessione a 28 gg	UNI EN 1015-11		MPa	>6	
Legame di aderenza	UNI EN 1542		MPa	≥1.5	
Legame di aderenza dopo cicli gelo – disgelo	UNI EN 13687-1		MPa	≥1.5	
Assorbimento capillare	UNI EN 13057		kg/m ² *h ^{0.5}	≤0.5	

(*) per quanto non specificato vedi le prescrizioni della RVS 08.16.03

B) ACCETTAZIONE DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

Prima della stesa del conglomerato bituminoso poroso è necessario preparare il piano di posa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco. La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 1,0 – 1,2 kg/m².

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Il bitume modificato con polimeri steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo dell'emulsione indicate nella stessa Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

La posa in opera del conglomerato bituminoso per pavimentazioni semiflessibili viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore ai 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione (statica) del conglomerato poroso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

Si deve inoltre avere cura che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme allineamento degli inerti in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 3 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela porosa viene stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) ACCETTAZIONE DELLA MALTA DI INTASAMENTO

Il possesso dei requisiti richiesti per la malta di intasamento viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella scheda tecnica predisposta dal Produttore. L'Impresa è tenuta a consegnare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori, la certificazione di tali requisiti, rilasciata da meno di un anno, da uno dei Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP). Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono.

Il conglomerato bituminoso poroso intasato con malta cementizia (grouted macadam), quando destinato alle pavimentazioni stradali in galleria, deve avere un coefficiente medio di luminanza, definito nella norma UNI 11248 – Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche non inferiore a 0,1.

Nei casi in cui il grouted macadam venga utilizzato per pavimentazioni stradali al di fuori delle gallerie, per aree di sosta o stazionamento, parcheggi, piste ciclabili, marciapiedi, piazze e percorsi pedonali deve avere un indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index, SRI) maggiore o uguale a 29.

G) POSA IN OPERA DELLA MALTA DI INTASAMENTO

La struttura portante della pavimentazione semi flessibile (tappeto drenante) non deve essere aperta al traffico prima della posa della malta, salvo i casi in cui è assolutamente necessario. I movimenti di sterzata sopra al conglomerato non intasato devono essere evitati, in modo particolare da parte di veicoli fermi.

L'intasamento con la malta superfluida può avvenire solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del tappeto drenante ai requisiti di quota, sagoma, massa volumica (vuoti residui) e portanza indicati in progetto. La verifica dei vuoti residui viene eseguita su due carote prelevate in singole tratte omogenee della pavimentazione. I fori del carotaggio devono essere riempiti con lo stesso conglomerato drenante utilizzato per la pavimentazione che deve essere adeguatamente compattato.

Al momento dell'intasamento la temperatura misurata all'interno del tappeto drenante deve essere compresa tra 5°C e 30°C. La temperatura deve essere misurata in almeno tre punti rappresentativi della superficie da trattare. In presenza di rischio di gelo o in caso di pioggia, l'intasamento va assolutamente rimandato.

La malta viene miscelata con acqua direttamente in cantiere secondo quanto indicato dal Produttore. La stesa della malta sul tappeto drenante viene eseguita partendo da un punto predefinito e non deve essere interrotta. La malta va lasciata penetrare per gravità, fino a completa saturazione dei pori.

La malta in eccesso deve essere spalmata sulla superficie adiacente con l'utilizzo di spatole di gomma fino a quando non si osserva più alcun assorbimento. La malta in eccesso che resta in superficie deve essere rimossa tirandola via di netto con le spatole di gomma.

Eventuali bolle superficiali formatesi per risalita dell'aria possono essere intasate ripassando la superficie con piccole quantità di malta entro un'ora dall'applicazione.

Dopo l'intasamento, la superficie deve essere protetta secondo le indicazioni fornite dal Produttore della malta, mediante ricoprimento con teli PE da rimuovere non prima di 48 ore (24 ore in casi eccezionali), oppure mediante nebulizzazione d'acqua nell'area per 24÷48 ore, oppure tramite l'applicazione di prodotto antievaporante ad alta efficienza.

Sulla superficie finita non devono rimanere residui di malta e devono essere ben visibili in ogni punto le "punte" degli aggregati della struttura portante, in modo da ottenere una superficie macro-rugosa idonea a garantire buoni livelli di aderenza¹ anche in condizioni di pavimentazione bagnata.

Il tempo di riapertura al traffico è indicato nella Scheda Tecnica della malta di intasamento, ma va tenuto comunque conto delle condizioni atmosferiche. In caso fosse necessario aprire al traffico anticipatamente o in caso di temperature troppo rigide, va eseguita una verifica dell'indurimento su provini di malta confezionati al momento della stesa e fatti maturare in cantiere nelle stesse condizioni della pavimentazione. L'apertura al traffico può avvenire solo se la resistenza a compressione non è inferiore a quella indicata dal Produttore per lo stesso periodo di maturazione. In assenza di tale valore di riferimento la resistenza minima a compressione per l'apertura al traffico è di 20 MPa.

H) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella G.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

¹Per ottenere valori di aderenza elevati la pavimentazione può essere sottoposta a trattamento di irruvidimento superficiale, dopo un primo indurimento con macchina a spazzole, oppure dopo un maggiore periodo di indurimento (di almeno 48 ore) con pallinatrice o con bocciardatura leggera.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per la verifica degli spessori, il controllo del grado di intasamento (quantità di malta inserita nei pori) e dell'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**. Inoltre, nei casi in cui il grouted macadam venga utilizzato per la realizzazione di pavimentazioni chiare in galleria, deve essere rilevato il **coefficiente medio di luminanza** (Norma UNI 11248), nei casi in cui venga utilizzato per pavimentazioni chiare di aree di sosta o stazionamento, parcheggi, piste ciclabili, marciapiedi, piazze e percorsi pedonali deve essere misurato l'**indice di riflessione solare** (Solar Reflectance Index, SRI).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione.

Spessore in eccesso di oltre il 15% rispetto a quello di progetto non viene riconosciuto e l'impresa è tenuta ad assumersi tutti gli oneri derivanti dall'intasamento con la malta dello spessore in eccesso.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto.

Nei casi in cui risulti $s > 15$ si procederà alla rimozione dello strato semirigido e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di legante viene determinato sulla miscela bituminosa sfusa in conformità alla UNI EN 12697-1.

Per carenze nella **quantità di bitume** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di aggregati con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 45$, viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l'eventuale presenza di **aggregati grossi** di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 45$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove nc è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 45$, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati secondo la Norma UNI EN 12697-8 sulle carote prelevate prima dell'intasamento con la malta.

Valori dei vuoti residui inferiori al 24% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura. Per valori dei vuoti superiori al 30% tutti gli oneri derivanti dall'intasamento con la malta dei vuoti in esubero restano a carico dell'Impresa.

Il **grado di intasamento** viene determinato per singole aree omogenee facendo il rapporto tra il volume medio della malta contenuta in due carote estratte dalla pavimentazione (a distanza di circa 50 cm una dall'altra) ed il volume medio dei vuoti (UNI EN 12697-8) di due carote prelevate nella stessa zona (a distanza di circa 50 cm una dall'altra) prima dell'intasamento con la malta. Qualora non si disponga delle due carote da prelevare prima dell'intasamento si può fare riferimento al volume dei vuoti determinato su due provini di miscela sfusa compattati con 50 giri di pressa giratoria oppure con costipatore Marshall (25 colpi per faccia). Il grado di intasamento così determinato non deve essere inferiore all'85%.

Per valori del grado di intasamento inferiori a 85% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = gi + 0,2 (gi/2)^2$$

dove **gi** è il valore dello scostamento del grado di intasamento riscontrato dal valore prescritto di 85%.

Valori del grado di intasamento inferiori al 75% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto poroso allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata su quattro provini di miscela sfusa (conglomerato bituminoso poroso) compattati con 50 giri di pressa giratoria, deve risultare non inferiore a 0,40 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma UNI EN 13036-1.

Per valori di **HS inferiori a 0,4** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove **H**: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4.

Valori di HS inferiori a 0,30 comporteranno un trattamento di irruvidimento con macchina pallinatrice oppure un intervento di bocciardatura leggera a cura e spese dell'Impresa.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, in situazioni particolari, misure di **aderenza** (resistenza di attrito radente PTV) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 55 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'indice di riflessione solare SRI inferiore a 29, oppure (per le pavimentazioni in galleria) per il coefficiente medio di luminanza inferiore a 0,1, per la carenza di polimeri SBS, per la Resistenza a Trazione Indiretta fuori dai limiti prescritti, per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle

richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella H.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Grouted macadam	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Grouted macadam	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Grouted macadam	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Grouted macadam	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Grouted macadam	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 1.000 m ² di stesa	Granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % bitume, % di polimeri SBS, % vuoti, trazione indiretta.
Grouted macadam	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Grouted macadam	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% vuoti Grado di intasamento, prova di taglio Leutner.
Grouted macadam	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Grouted macadam	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	PTV ≥ 55

Articolo 31

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER RISAGOMATURE CON BITUME NORMALE

Il conglomerato bituminoso per risagomature è una miscela a granulometria più piccola, dosata a peso o a volume, costituita da aggregati, bitume semisolido, additivi conglomerato di recupero (fresato). Questo tipo di conglomerato bituminoso deve essere esclusivamente impiegato in corrispondenza di fenomeni deformativi (ondulazioni, avvallamenti, buche, ecc.) della pavimentazione stradale particolarmente evidenti, prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura.

Ai sensi del DM 05.08.2024 – CAM Strade – il conglomerato bituminoso per risagomature viene considerato come un binder.

Il DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 30% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può essere di qualsiasi provenienza, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 30% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (30%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per risagomature con bitume normale non deve essere maggiore di 40.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 40% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l'eventuale riduzione della prestazione provocata dall'impiego di una maggiore quantità di

conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l'Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte. Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4			BITUME		Tipo 50/70	Tipo 70/100
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti		
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100		
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51		
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10		
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99		
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1					
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8		
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46		
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45		
Incremento del punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11		

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela,

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastiche e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastiche filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastiche devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica

del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati (specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero).

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
CONGLOMERATO PER RISAGOMATURE COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	10.0	100
Setaccio	8.0	75 – 100
Setaccio	4	44 – 62
Setaccio	2	26 – 40
Setaccio	0.5	14 – 22
	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per le risagomature deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

¹ Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot D_Rt/D_c$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, D_c = deformazione a rottura, R_t = resistenza a trazione indiretta.

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti per la miscela sia eseguito a peso mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%.

Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 160°C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione delle risagomature è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3).

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella D1.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo. Il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,40 kg/m².

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammolimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del conglomerato bituminoso per risagomature con bitume modificato viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 150° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa dei conglomerati bituminosi deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

La compattazione del conglomerato per risagomature deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 100 kN e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla miscela.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove vengono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del conglomerato per risagomature pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga)

Articolo 32

CONGLOMERATO BITUMINOSO PER RISAGOMATURE CON BITUME NORMALE (tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il conglomerato bituminoso tiepido per risagomature è una miscela a granulometria più piccola, dosata a peso o a volume, costituita da aggregati lapidei, bitume semisolido, additivi conglomerato di recupero (fresato). Questo tipo di conglomerato bituminoso deve essere esclusivamente impiegato in corrispondenza di fenomeni deformativi (ondulazioni, avvallamenti, buche, ecc.) della pavimentazione stradale particolarmente evidenti, prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura.

La “tecnologia dei conglomerati bituminosi tiepidi” consente di operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume normale utilizzato. La temperatura di miscelazione più bassa consente una riduzione delle emissioni in atmosfera sia per il minor consumo di combustibile impiegato nel riscaldamento degli aggregati lapidei che per la riduzione dei vapori e dei fumi prodotti dal conglomerato.

Oltre agli aspetti ambientali, la possibilità di operare a temperature più basse salvaguarda il bitume dall'invecchiamento, cioè dall'ossidazione e dall'indurimento provocato dal contatto prolungato con gli aggregati molto caldi.

Al fine di poter operare con temperature più basse possono essere adottate tecniche di schiumatura del bitume in fase di miscelazione, possono essere utilizzati additivi chimici o resine sintetiche cristalline, zeoliti o prodotti simili, possono essere impiegati bitumi appositamente formulati (già additivati).

Ai sensi del DM 05.08.2024 – CAM Strade – il conglomerato bituminoso per risagomature viene considerato come un binder.

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 “*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*” indica che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume normale deve essere inferiore a 120°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume normale un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 30% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Poiché in questo articolo di Capitolato, ai sensi del DM 05.08.2024, il conglomerato bituminoso per risagomature viene considerato come un binder, il contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, deve essere del 30% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero (fresato)

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Il conglomerato di recupero, preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, può essere di qualsiasi provenienza, ma deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conforme alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume normale la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 30% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (30%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

La percentuale in peso di granulato di conglomerato bituminoso, riferita al totale della miscela degli aggregati, nei conglomerati per risagomature con bitume normale non deve essere maggiore di 40.

L’Impresa può proporre alla Direzione Lavori l’impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 40% a condizione che vengano utilizzati impianti di produzione adeguati o tecnologie innovative, additivi, leganti bituminosi appositamente formulati e qualsiasi altro prodotto in grado di compensare l’eventuale riduzione della prestazione provocata dall’impiego di una maggiore quantità di conglomerato bituminoso di recupero. In questo caso l’Impresa, unitamente allo studio della miscela, deve presentare una Relazione CAM che descrive i materiali e le tecnologie proposte.

Tale relazione deve illustrare le specifiche tecnologie produttive ed esecutive e i materiali che si intendono impiegare e deve essere corredata da documentazione tecnico-scientifica, studi di laboratorio e applicazioni in vera grandezza atti a dimostrare che il maggior quantitativo di granulato di conglomerato bituminoso non incide negativamente sulla vita utile della pavimentazione, cioè che la miscela proposta deve avere prestazioni non inferiori a quelle del progetto a base di gara e deve rispettare tutti i requisiti prestazionali imposti dalle specifiche norme tecniche.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nelle Tabelle A.4.

Tabella A.4				
BITUME			Tipo 50/70	Tipo 70/100
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela,

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'additivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati (specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero).

Al fine di poter operare in fase di miscelazione, trasporto e stesa con temperature più basse di 30 °C - 40 °C rispetto a quelle usuali (**tecnologia dei conglomerati tiepidi**), possono essere impiegati additivi chimici, resine sintetiche cristalline (cere), zeoliti o prodotti simili.

Gli additivi chimici sono sostanze tensioattive che agiscono a livello microscopico riducendo le forze di attrito all'interfaccia tra aggregati e bitume favorendo l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose. Le resine sintetiche vengono miscelate con il bitume e svolgono la loro azione attraverso il meccanismo reversibile del cambiamento di stato fisico fusione - cristallizzazione. Nello specifico esse hanno la proprietà di fondere alla temperatura di circa 100°C. Poiché sono completamente solubili nel bitume, al di sopra dei 100°C riducono la viscosità del legante, mentre al di sotto degli 80°C ne aumentano la rigidità.

La minore viscosità alle temperature di confezionamento e stesa dei conglomerati bituminosi favorisce l'omogeneo rivestimento degli aggregati e la compattazione delle miscele bituminose.

Gli additivi chimici e le resine sintetiche possono essere aggiunti al bitume in fase di miscelazione oppure possono essere già contenuti nel bitume che viene fornito dal Produttore all'impianto.

Una tecnologia alternativa a quella dell'uso di additivi è costituita dalla schiumatura parziale o totale del bitume in fase di miscelazione con gli aggregati caldi.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5. La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

CONGLOMERATO PER RISAGOMATURE COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	10.0	100
Setaccio	8.0	75 – 100
Setaccio	4	44 – 62
Setaccio	2	26 – 40
Setaccio	0.5	14 – 22
	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per le risagomature deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

¹ Coefficiente di trazione indiretta CTI = $\pi/2$ DRt/Dc

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti per la miscela sia eseguito a peso mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale deve essere inferiore o uguale a 150°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione delle risagomature è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B3).

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella D1.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,40 kg/m².

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La

documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del conglomerato bituminoso per risagomature con bitume modificato viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 120° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa dei conglomerati bituminosi deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

La compattazione del conglomerato per risagomature deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 100kN e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla miscela.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove vengono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del conglomerato per risagomature pari a:

% di detrazione = 25 b²

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga)

Articolo 33

CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME MODIFICATO PER RISAGOMATURE

Il conglomerato bituminoso per risagomature è una miscela a granulometria più piccola, dosata a peso o a volume, costituita da aggregati lapidei, bitume modificato con polimeri, additivi e conglomerato di recupero (fresato). Questo tipo di conglomerato bituminoso deve essere esclusivamente impiegato in corrispondenza di fenomeni deformativi (ondulazioni, avvallamenti, buche, ecc.) della pavimentazione stradale particolarmente evidenti, prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura.

Ai sensi del DM 05.08.2024 – CAM Strade – il conglomerato bituminoso per risagomature viene considerato come un binder.

Il DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 20% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine.

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 20% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (20%) previsto al paragrafo 2.3.1 “Circolarità dei prodotti da costruzione” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Nei conglomerati bituminosi per le risagomature, con bitume modificato, la percentuale in peso di materiale riciclato (fresato) riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 25.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 25% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> $4 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela,

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero.

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
CONGLOMERATO PER RISAGOMATURE COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	10.0	100
Setaccio	8.0	75 – 100
Setaccio	4	44 – 62
Setaccio	2	26 – 40
Setaccio	0.5	14 – 22
	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per le risagomature deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti per la miscela sia eseguito a peso mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%.

Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume modificato deve essere inferiore o uguale a 175 °C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione delle risagomature è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,40 kg/m².

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa deve rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del conglomerato bituminoso per risagomature con bitume modificato viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 165° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

La compattazione del conglomerato per risagomature deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 120 kN e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla miscela.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove vengono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del conglomerato per risagomature pari a:

% di detrazione = $25 b^2$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga).

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Articolo 34

CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PER RISAGOMATURE (tecnologia dei conglomerati tiepidi)

Il conglomerato bituminoso ad alta lavorabilità per risagomature è una miscela a granulometria più piccola, dosata a peso o a volume, costituita da aggregati, bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità, additivi e conglomerato di recupero (fresato). Questo tipo di conglomerato bituminoso deve essere esclusivamente impiegato in corrispondenza di fenomeni deformativi (ondulazioni, avvallamenti, buche, ecc.) della pavimentazione stradale particolarmente evidenti, prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura.

Ai sensi del DM 05.08.2024 – CAM Strade – il conglomerato bituminoso per risagomature viene considerato come un binder.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che consentono di operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il DM 05.08.2024 – CAM Strade – indica al paragrafo 2.2.3 dell'Allegato 1 "*Temperatura di posa degli strati in conglomerato bituminoso*" che per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati la temperatura massima di posa delle miscele bituminose con bitume modificato hard deve essere inferiore a 140°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Lo stesso DM 05.08.2024, al paragrafo 2.3.1. dell'Allegato 1 "*Circolarità dei prodotti da costruzione*" prevede per il conglomerato bituminoso tipo binder con bitume modificato un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, del 20% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Poiché in questo articolo di Capitolato, ai sensi del DM 05.08.2024, il conglomerato bituminoso per risagomature viene considerato come un binder, il contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, deve essere del 20% riferito al peso del prodotto finito, secco su secco.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati di primo impiego

Gli aggregati di primo impiego costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80/0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	12	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{\max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{30/45}
Aumento del punto di rammolimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}/16$

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine.

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere granulato e vagliato (granulato di

conglomerato bituminoso) per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi tipo binder con bitume modificato la quantità, in peso, di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere inferiore al 20% (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

Ai fini del raggiungimento del contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti (20%) previsto al paragrafo 2.3.1 “*Circolarità dei prodotti da costruzione*” del DM 05.08.2024 (CAM Strade), oltre al granulato di conglomerato bituminoso possono essere utilizzati aggregati artificiali e/o di riciclo, grossi e fini, purché conformi alle normative ambientali vigenti e alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2.

Nei conglomerati bituminosi per le risagomature, con bitume modificato, la percentuale in peso di materiale riciclato (fresato) riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 25.

L’Impresa può proporre alla Direzione Lavori l’impiego di una quantità di granulato di conglomerato bituminoso superiore al 25% a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal fresato.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) e nella relazione CAM che l’Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato ad alta lavorabilità. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell’ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti “tiepidi”.

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4					
BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Variazione del punto di rammollimento	UNI EN12607-1				
Valori dopo RTFOT					
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l’etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell’inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabella A.6) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi modificati appositamente formulati, specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero

5) Miscela

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
CONGLOMERATO PER RISAGOMATURE COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	10.0	100
Setaccio	8.0	75 – 100
Setaccio	4	44 – 62
Setaccio	2	26 – 40
Setaccio	0.5	14 – 22
	0.25	10 – 16
Setaccio	0.063	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.8 – 6.2

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica, la miscela per le risagomature deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6.

Tabella A.6

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				$1.25^\circ \pm 0.02$	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 – 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V _{min3,0} – V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,95 – 1,65	
Coefficiente di trazione indiretta ¹ a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	

(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G

(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti per la miscela sia eseguito a peso mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli

¹Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta.

aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%.

Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore a 150°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa come specificato al successivo paragrafo E) Posa in Opera.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione delle risagomature è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e l'applicazione di una mano d'attacco.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,40 kg/m².

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa deve rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del conglomerato bituminoso per risagomature con bitume modificato viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento inferiore a 140° C (DM 05.08.2024 – CAM Strade).

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

La compattazione del conglomerato per risagomature deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 120 kN e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla miscela.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove vengono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di bitume e la granulometria degli aggregati.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del conglomerato per risagomature pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella Tabella A.6 (ultima riga).

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Sichtvermerke i. S. d. Art. 13 L.G. 17/93 und
L.G. 6/22 über die fachliche, verwaltungsmäßige
und buchhalterische Verantwortung

Visti ai sensi dell'art. 13 L.P. 17/93
e della L.P. 6/22 sulla responsabilità tecnica,
amministrativa e contabile

Der Ressortdirektor / Il Direttore di dipartimento	BEDIN DANIEL	17/04/2025 16:26:41
Der Abteilungsdirektor / Il Direttore di ripartizione	MAIR VOLKMAR	17/04/2025 15:03:54
Der Amtsdirektor / Il Direttore d'ufficio	MAIR VOLKMAR	17/04/2025 09:02:56

Laufendes Haushaltsjahr		Esercizio corrente	
La presente delibera non dà luogo a impegno di spesa. Dieser Beschluss beinhaltet keine Zweckbindung	zweckgebunden		impegnato
	als Einnahmen ermittelt		accertato in entrata
	auf Kapitel		sul capitolo
	Vorgang		operazione

Der Direktor des Amtes für Ausgaben	30/04/2025 11:13:04 TACCHINARDI MARTA	Il Direttore dell'Ufficio spese
Der Direktor des Amtes für Finanzaufsicht		Il Direttore dell'Ufficio Vigilanza finanziaria
Der Direktor des Amtes für Einnahmen		Il Direttore dell'Ufficio entrate

Diese Abschrift entspricht dem Original	Per copia conforme all'originale
Datum / Unterschrift	data / firma

Abschrift ausgestellt für Copia rilasciata a



Der Landeshauptmann
Il Presidente

KOMPATSCHER ARNO

13/05/2025

Der Generalsekretär
Il Segretario Generale

MAGNAGO EROS

13/05/2025

Es wird bestätigt, dass diese analoge Ausfertigung, bestehend - ohne diese Seite - aus 668 Seiten, mit dem digitalen Original identisch ist, das die Landesverwaltung nach den geltenden Bestimmungen erstellt, aufbewahrt, und mit digitalen Unterschriften versehen hat, deren Zertifikate auf folgende Personen lauten:

nome e cognome: Arno Kompatscher

Si attesta che la presente copia analogica è conforme in tutte le sue parti al documento informatico originale da cui è tratta, costituito da 668 pagine, esclusa la presente. Il documento originale, predisposto e conservato a norma di legge presso l'Amministrazione provinciale, è stato sottoscritto con firme digitali, i cui certificati sono intestati a:

nome e cognome: Eros Magnago

Die Landesverwaltung hat bei der Entgegennahme des digitalen Dokuments die Gültigkeit der Zertifikate überprüft und sie im Sinne der geltenden Bestimmungen aufbewahrt.

Ausstellungsdatum

13/05/2025

Diese Ausfertigung entspricht dem Original

L'Amministrazione provinciale ha verificato in sede di acquisizione del documento digitale la validità dei certificati qualificati di sottoscrizione e li ha conservati a norma di legge.

Data di emanazione

Per copia conforme all'originale

Datum/Unterschrift

Data/firma