

Progetto “Strategia per l’economia circolare”

Approcci strategici all'economia circolare nel settore delle costruzioni in Alto Adige

Autori e autrice:

Matteo Rizzari, Riccardo Fraboni, Lara Crepaz, Giovanni Libardoni,
Christian Hoffmann e Simon Pezzutto

Eurac Research

Istituto per le energie rinnovabili

Via A.-Volta 13/A

39100 Bolzano, Italia

T +39 0471 055 600

renewable.energy@eurac.edu

www.eurac.edu

Istituto per lo sviluppo regionale

Viale Druso 1

39100 Bolzano, Italia

T +39 0471 055 300

regional.development@eurac.edu

www.eurac.edu

DOI: <https://doi.org/10.57749/a8f6-xs97>

Autori/Autrice: Matteo Rizzari, Riccardo Fraboni, Lara Crepaz, Giovanni Libardoni, Christian Hoffmann, Simon Pezzutto

Coordinamento scientifico: Simon Pezzutto, Christian Hoffmann

Project Management: Simon Pezzutto, Christian Hoffmann

Progetto grafico: Eurac Research

© Eurac Research, 2025



Questa pubblicazione è distribuita con licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), che permette il riutilizzo, la condivisione, la modifica, la distribuzione e la riproduzione con qualsiasi mezzo o formato, purché sia data adeguata menzione di paternità, si fornisca un link alla licenza Creative Commons e si indichi se sono state effettuate modifiche.

Questa pubblicazione Open Access potrebbe contenere alcune opere coperte da diritto d'autore. In tal caso, si tratta di opere protette ai sensi della normativa sul Diritto d'Autore e non possono essere - a titolo esemplificativo e non esaustivo - copiate, modificate, riutilizzate e/o ridistribuite da terzi con nessun mezzo né utilizzate in qualsiasi altro modo senza l'autorizzazione dei rispettivi autori/titolari dei diritti.

Contenuto

1. Introduzione	6
2. Gli obiettivi.....	9
3. Il potenziale dell'economia circolare in Alto Adige	11
4. Classificazione del campo d'azione selezionato.....	15
5. Quadro normativo sull'economia circolare	23
5.1 Strategie e normative sull'EC: Unione Europea	23
Il contesto normativo dell'Unione Europea	24
Il settore edile e del legno	26
5.2 Strategie e normative sull'EC: Italia	28
Strategia Nazionale Italiana sull'Economia Circolare	28
Quadro normativo sui rifiuti.....	30
Quadro normativo sull'edilizia	31
5.3 Strategie e normative sull'economia circolare: la Provincia Autonoma di Bolzano....	32
La gestione dei rifiuti	32
I rifiuti nel settore edile	33
6. Analisi SWOT	37
6.1 Legno	38
6.2 Calcestruzzo	44
6.3 Laterizio	49
6.4 Minerali	52
6.5 Vetro.....	54
6.6 Materiali isolanti	58
6.7 Metalli	61
6.8 Pannelli fotovoltaici / solari termici	62
7. Misure.....	64
8. Key Performance Indicators per il monitoraggio della circolarità dei materiali in edilizia	67
9. Best practices	72

10. Conclusioni	73
11. Fonti	75

Lista di Acronimi

BIM	Building Information Modelling
C&D	Costruzione e Demolizione
CE	Commissione Europea
EC	Economia Circolare
EFF	Everyday for Future
LCA	Valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment)
LCC	Valutazione del costo sull'intero ciclo vita (Life Cycle Costing)
PAB	Provincia Autonoma di Bolzano
PNRR	Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza
REP	Responsabilità Estesa del Produttore
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
UE	Unione Europea

1. Introduzione

In un contesto di crescente preoccupazione e attenzione alla crisi climatica in corso, si evidenzia sempre di più la necessità di definire strategie di sostenibilità ambientale che non siano in conflitto con uno sviluppo dei sistemi economici, volto a garantire il benessere per la cittadinanza e la società. Per raggiungere un obiettivo così complesso è necessario un contributo integrato di vari settori [1] che includa investimenti in tecnologie innovative, nella mobilità sostenibile, nella decarbonizzazione, nell'efficienza energetica e nella definizione di nuovi standard ambientali. Tuttavia, è altrettanto cruciale puntare sull'uso efficiente delle risorse e dei materiali impiegati nella produzione di beni, dal momento che essi possono rappresentare dei costi notevoli dal punto di vista ambientale, sia per le emissioni durante varie fasi di lavorazione (trasporto, trasformazione, assemblaggio ecc.), sia per la conseguente creazione di rifiuti. Per minimizzare questi impatti si rende necessaria una gestione differente da un ciclo di vita dei prodotti e dei materiali che prevede un inizio (estrazione o prelievamento dall'ambiente) e una fine (smaltimento).

Un modello alternativo a questa visione lineare è quello dell'economia circolare (EC) che prevede di preservare e mantenere il valore di prodotti, materiali e risorse il più a lungo possibile riducendo in modo significativo (o addirittura eliminando) il numero di rifiuti [2]. L'EC propone di mantenere la crescita economica, separandola però dalla domanda di risorse che, in quanto finite, richiedono di essere reintegrate nel sistema sotto forma di nuovi prodotti oppure attraverso l'estensione della funzione originale fin dove possibile.

L'EC mira a generare crescita economica attraverso l'utilizzo circolare delle risorse e nuovi modelli di business, in cui le risorse e i materiali utilizzati vengono sfruttati e riutilizzati il più a lungo possibile, preservandone il valore, in modo che il loro consumo non superi i limiti globali [3]. A tal fine, i cicli dei materiali e dell'energia vengono chiusi attraverso processi di riciclaggio. Lo sviluppo di design di prodotti durevoli, di tecnologie di *upcycling*, di servizi di riparazione o di riutilizzo nello stesso o in un nuovo processo produttivo rallenta la domanda di nuove materie prime. Questi approcci porteranno anche a nuovi modelli di business e concetti operativi. Con la Performance Economy ("concetto di leasing" per macchine e attrezzature, in cui il produttore è responsabile della loro manutenzione e del loro funzionamento per l'intera durata di vita) e la Sharing Economy, esistono già oggi concetti di "dematerializzazione". Questi approcci riducono il consumo di risorse disaccoppiando sempre più la domanda di servizi orientati all'uso, dalla domanda di proprietà e dal maggiore consumo di risorse necessario per questo.

Una delle definizioni più note di EC è stata fornita dalla Fondazione Ellen MacArthur come un'economia mirata al ripristino e alla rigenerazione che mantenga le componenti, i prodotti e i materiali alla loro massima utilità [4], presupponendo dei processi sostenibili basati su una rete di interazioni e di scambio di valore [5]. Per delineare più accuratamente il concetto di EC, la fondazione Ellen MacArthur ha proposto un diagramma a farfalla che illustra il flusso continuo di materiali tecnici e biologici attraverso il "cerchio del valore".

Il diagramma in figura 1 mostra sul lato sinistro il ciclo biologico e sul lato destro il ciclo tecnico. Il ciclo tecnico è caratterizzato da diversi sotto-cicli che rappresentano alcune alternative di gestione dei rifiuti: uso condiviso, riutilizzo, rinnovo/manutenzione, riciclo. Il ciclo biologico documenta tutti i flussi di materiali biologici (come cibo, tessuti e abbigliamento) che possono ritornare a un sistema naturale in cerchi rigeneranti, ripristinando il capitale naturale. Ad esempio, con la digestione anaerobica si possono ottenere fertilizzanti che possono ritornare a

un sistema agricolo naturale, oltre che energia. Per quanto riguarda l'abbigliamento di alta qualità, invece, i rifiuti possono essere riutilizzati per scopi diversi dopo l'estrazione della loro materia prima biologica: prodotti per la pulizia, salviette, imbottiture per sedili auto e materiali isolanti. Per raggiungere questo obiettivo, sono necessarie misure e azioni integrate in tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti. Infatti, le prime fasi possono svolgere un ruolo significativo nella transizione verso un'economia circolare: migliorare i design dei prodotti e i ripensare processi produttivi in un'ottica circolare è essenziale per aumentare l'efficienza delle risorse e ridurre pratiche inefficienti di gestione dei rifiuti.

In ogni caso, qualsiasi strategia che riesca a diminuire o rallentare i flussi dei materiali, o a “chiudere” i cicli di tali flussi può favorire un'economia più circolare contribuendo a ridurre gli input e gli output di un sistema economico. Strategie di questo tipo sono riassunte nei cosiddetti dieci schemi delle “R” [6], [7], [8], [9], ovvero:

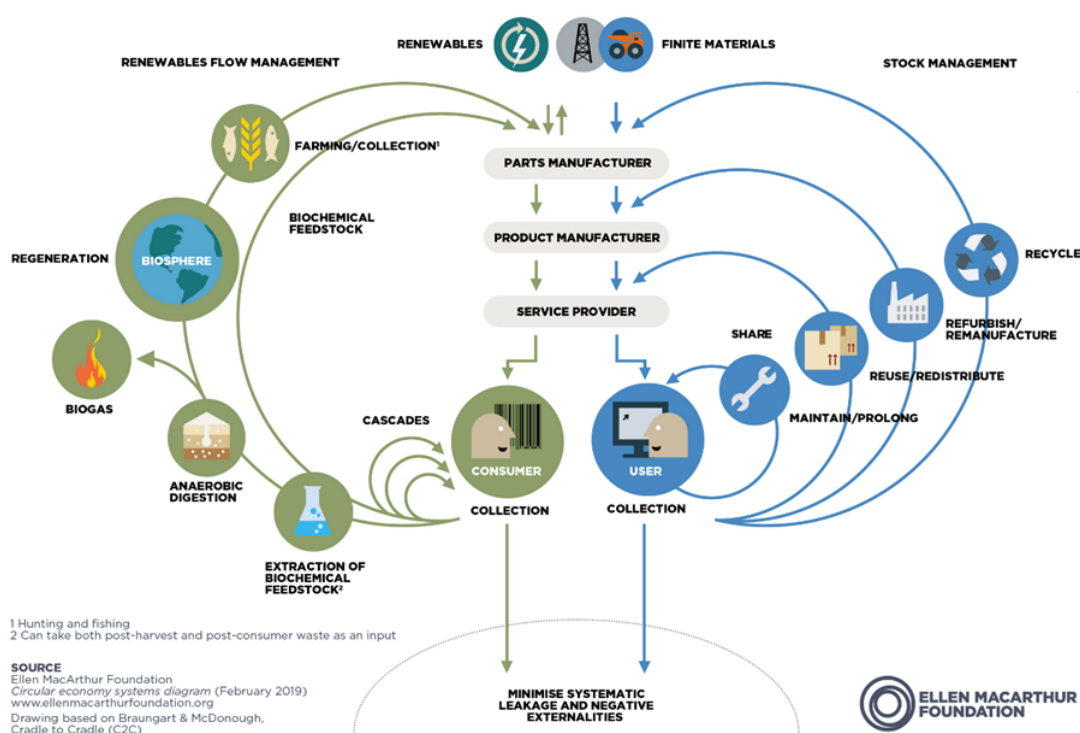


Figura 1: Diagramma a farfalla della Fondazione Ellen MacArthur Foundation [10]

- **Rifiutare**, ovvero evitare l’acquisto o la creazione di prodotti superflui laddove non necessari;
- **Ripensare**, ovvero progettare nuovi prodotti dove, ad esempio, le componenti siano più facilmente separabili, oppure pensare ad alternative di utilizzo come la condivisione o il prestito;
- **Ridurre**, ovvero fare meno uso di risorse naturali, con la conseguente diminuzione della domanda di materie prime, di energia consumata e di rifiuti generati;

- **Riutilizzare**, ovvero mantenere i prodotti in un sistema donando una “seconda vita” a quelli che sono in buone condizioni;
- **Riparare**, ovvero rimettere a nuovo un prodotto o sostituirne le parti danneggiate;
- **Rifabbricare**, ovvero rimettere in circolo parti o componenti secondarie, ad esempio utilizzando elementi di prodotti di scarto come pezzi di ricambio;
- **Rinnovare**, ricondizionare o ammodernare dei prodotti o delle componenti per riportarli ad uno stato migliore di quello attuale,
- **Riqualificare**, ovvero utilizzare parti o componenti di prodotti (oppure prodotti interi) per un utilizzo diverso da quello originale;
- **Riciclare**, ovvero estrarre i materiali (provenienti da prodotti o parti scartate) e lavorarli per ottenerne di nuovi con una qualità possibilmente uguale a quelli originali, cercando di prevenire il downcycling (cioè la diminuzione della qualità di un materiale o prodotto riutilizzato o riciclato, rispetto all'utilizzo o allo scopo originale) e, laddove possibile, promuovere l'upcycling (ovvero l'aumento di qualità, e conseguentemente di valore, di un materiale o di un prodotto riciclato, rispetto all'utilizzo o allo scopo originale);
- **Recuperare** energia da rifiuti non riciclabili.

Oltre a queste strategie fondamentali, negli anni si sono sviluppati ulteriori metodologie, concetti, e modelli di business che possono contribuire all'aumento della circolarità. Un esempio è fornito dalle tecniche di Life Cycle Assessment (LCA) che analizzano l'intero ciclo di vita di prodotti, servizi e tecnologie focalizzandosi sugli effetti ambientali. Si può inoltre menzionare la simbiosi industriale come processo sia per condividere know-how e competenze, sia per ottimizzare anche l'utilizzo di prodotti e materiali; infatti, lo scambio di risorse tra aziende favorisce il riutilizzo degli output indesiderati di un processo industriale (che convenzionalmente sarebbero rifiuti) all'interno di altri processi industriali come risorse [9]. A livello di governance della circolarità un concetto chiave è invece quello della responsabilità estesa del produttore (REP), che assegna ai produttori le responsabilità degli impatti ambientali del ciclo di vita di un prodotto (incluso, per esempio, il suo utilizzo e la fine del suo ciclo di vita), spingendo i produttori stessi a farsi carico del trattamento e dello smaltimento dei prodotti [11], [12].

Altri modelli di business simili sono “prodotto (o materiale) come servizio”, in cui il produttore mantiene la proprietà di un prodotto (o un materiale) e la responsabilità della sua manutenzione, mentre i consumatori/le consumatrici lo prendono in leasing o in affitto invece di acquistarlo, oppure “garanzia di funzione” dove fornitore e cliente condividono i costi di manutenzione di un prodotto (“Performance Economy”) [13].

Tuttavia, esistono ad oggi ancora una serie di ostacoli a un'implementazione diffusa dell'EC, come ad esempio: la mancanza di incentivi efficaci che evitino il trasferimento dei costi di produzioni più sostenibili ai consumatori/consumatrici [9], il fatto che non sempre l'estensione del ciclo di vita di alcuni prodotti (come un'automobile molto inquinante) possa portare a un minor impatto ambientale, eccessiva burocrazia e impedimenti legislativi, e infine mancanza di consapevolezza da parte degli attori/attrici pubblici e privati. A livello europeo molti di questi ostacoli vengono affrontati attraverso l'investimento in tecnologie verdi e nello sviluppo di misure di etichettatura, standardizzazione, certificazione e regolamentazione più efficienti per una maggiore trasparenza nel tracciamento e nella sostenibilità dei processi produttivi [2].

Oltre a ciò, si sta gradualmente sempre più riconoscendo il valore aggiunto delle catene di approvvigionamento regionali e locali, con un conseguente sostegno in termini di visibilità e investimenti per quanto riguarda le buone pratiche e gli esempi virtuosi. Ne derivano diversi

vantaggi, come una maggiore trasparenza e resilienza nelle catene del valore, una crescita della sicurezza e del controllo e un rafforzamento dell'identità culturale [14].

In risposta alle necessità legate alla natura finita delle risorse e alle opportunità appena delineate, la Provincia Autonoma di Bolzano (PAB) ha riconosciuto l'importanza di creare una strategia provinciale specifica dedicata all'EC, proponendosi di diventare un esempio di eccellenza nell'adozione di pratiche economiche che promuovano la circolarità. Questa iniziativa non solo mira a valorizzare l'Alto Adige come un “hub” dell'economia circolare, ma costituirà anche la base solida su cui implementare misure politiche in perfetta sintonia con i principi e le direttive dell'economia circolare, dimostrando l'impegno nei confronti di un modello economico più equo, efficiente e attento alle sfide ambientali. Questa strategia non rappresenta solamente un obiettivo isolato, bensì un ambizioso passo avanti verso un futuro sostenibile e rispettoso dell'ambiente.

2. Gli obiettivi

La necessità della PAB di dotarsi di una strategia per l'EC si fonda nella consapevolezza più ampia della crisi climatica e delle sfide ad essa connesse, le quali richiedono cambiamenti significativi a livello economico e sociale. L'importanza di questi temi si è manifestata a livello programmatico attraverso una serie di strategie e politiche provinciali, il cui obiettivo è la creazione di una visione trasformativa dell'Alto Adige come territorio resiliente e all'avanguardia nella gestione delle risorse secondo i principi dello sviluppo sostenibile.

Il punto di partenza dell'Alto Adige per una transizione circolare è quindi già ad un livello avanzato, considerando anche il livello di ricchezza e di sviluppo economico del territorio, di consapevolezza ambientale e della gestione delle risorse. Tuttavia, il raggiungimento della neutralità climatica e degli obiettivi di sostenibilità deve necessariamente prevedere ulteriori sforzi nella riduzione di quanto viene prodotto e consumato, garantendo un aumento della produttività delle risorse orientato secondo i principi di circolarità presentati nell'introduzione. Per questo motivo, il presente report ha la finalità di supportare la Provincia Autonoma di Bolzano nella creazione di linee guida attraverso misure concrete basate sui principi dell'EC. Tra i settori economicamente più rilevanti per l'Alto Adige è stato scelto come focus il settore dell'edilizia non solo per l'impatto ambientale in termini di emissioni e di impiego di materiali, ma anche per il potenziale di riciclo e riutilizzo dei prodotti generati nonché per il potenziale di estensione del loro ciclo di vita.

La prima parte di questo rapporto si concentra su un'analisi dello stato dell'arte così suddivisa: nel capitolo 3 viene analizzato il potenziale di sviluppo dell'EC in Alto Adige a partire dalle strategie chiave più recenti promosse dalla Provincia, ovvero il Piano Clima 2040 e la Smart Specialization Strategy (RIS3); il capitolo 4 spiega il perché del campo d'azione selezionato; il capitolo 5 documenta invece la base giuridica esistente nell'ambito dell'EC individuando le disposizioni e i regolamenti a livello europeo e nazionale, oltre che normative e i piani d'azione di competenza della Provincia Autonoma di Bolzano. La seconda parte è invece dedicata alla fase empirica di raccolta di dati e informazioni sui materiali come base per lo sviluppo delle misure. Nello specifico, il capitolo 6 consiste in un'analisi del tipo Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT), ovvero dei punti di forza, punti deboli, opportunità e minacce relativi ai principali materiali usati in edilizia a partire da una serie di interviste e di tre incontri partecipativi (workshops) con i principali esponenti del settore in Alto Adige. Dall'analisi SWOT vengono estrapolati le possibili combinazioni tra i punti deboli dei materiali e

le opportunità che potrebbero essere sfruttate per risolverli o migliorarli. I risultati di questa fase sono il fondamento delle misure per l'applicazione dei principi di circolarità e dei Key Performance Indicators (KPIs) presentati rispettivamente nei capitoli 7 e 8. Infine, nel capitolo 9 vengono descritti alcuni esempi di buone pratiche di circolarità all'interno del territorio dell'Alto Adige.

3. Il potenziale dell'economia circolare in Alto Adige

L'Economia Circolare nel Piano Clima 2040

La Provincia Autonoma di Bolzano ha mostrato nel corso degli ultimi anni un'attenzione particolare alle tematiche della sostenibilità ambientale e sociale, oltre che a un impegno concreto per il raggiungimento della neutralità climatica recependo le disposizioni a livello comunitario e nazionale. Una caratteristica fondamentale per le istituzioni provinciali è rappresentata dall'incoraggiare la partecipazione attiva dei cittadini, delle imprese e delle amministrazioni locali per contribuire alla costruzione di un futuro più eco-sostenibile. Tutto questo si evidenzia nella strategia *"Everyday for Future"* (EFF) intrapresa nel 2021 e che, partendo dai 17 obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, vuole fondare le basi per affrontare in modo concreto le sfide ambientali dei prossimi decenni. All'interno di questa strategia, l'EC svolge un ruolo di primo piano per ridurre l'impronta ecologica del territorio dell'Alto Adige, specialmente come evidenziato all'interno del Piano Clima Alto Adige 2040 [15]. Questo piano è stato adottato nella seduta n. 595 del 18 luglio 2023 tramite una specifica Delibera della Giunta Provinciale [16] e rappresenta uno dei pilastri della strategia di sostenibilità altoatesina Everyday for Future insieme a molti altri piani strategici, come ad esempio il Piano sociale provinciale 2030 [17], il Piano provinciale per una mobilità sostenibile [18], al Programma provinciale per lo sviluppo del turismo 2030+ [19], all'Agenda Forestale 2030 [20] o il Piano Agricoltura 2030 [21]. Si tratta di uno strumento di pianificazione centrale per il contrasto agli effetti dei cambiamenti climatici attraverso azioni mirate alla riduzione delle emissioni di gas serra, alla promozione dell'efficienza energetica e allo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili. Il Piano Clima delinea anche una struttura di governance partecipativa con la creazione di un "Consiglio dei cittadini per il clima", rappresentativo della popolazione, che seguirà l'andamento delle misure fissate a partire dal 2024 valutandone la completezza e proponendone eventualmente un'integrazione, oltre che suggerendo proposte concrete per la loro attuazione. All'interno del Piano Clima, la digitalizzazione e la strategia di comunicazione hanno un ruolo sostanziale in quanto si adattano in modo dinamico allo svolgersi dei lavori. Ad esempio, al fine di aggiornare costantemente sullo stato di avanzamento delle misure, queste saranno caricate e aggiornate regolarmente sulla piattaforma *klimaland.bz*, con particolare attenzione ai dati inerenti al grado di attuazione o il completamento degli interventi. Questa banca dati, pubblicamente accessibile, costituisce una base di riferimento importante per tutti gli altri soggetti interessati. La comunicazione si focalizzerà sulle ripercussioni e i benefici sociali del Piano Clima e verrà integrata da campagne di sensibilizzazione e formazione a vari livelli, da corsi professionalizzanti per cittadini/cittadine e imprenditori/imprenditrici a sessioni di aggiornamento per gli amministratori locali.

L'EC viene menzionata in alcuni sezioni chiave del Piano Clima, tra cui spicca l'edilizia in particolare in riferimento ad alcune misure chiave. Tra queste, si propone di stabilire una percentuale obbligatoria di utilizzo di materiali edili riciclati negli appalti pubblici relativi ai progetti di infrastrutturazione con l'obiettivo esplicito di promuovere l'EC all'interno del settore. Nei progetti per gli edifici in muratura, al momento dell'approvazione, dovrà invece essere esplicitata la proporzione dei prodotti riciclati da materiale di risulta, riesaminando inoltre l'idoneità di norme e prescrizioni costituenti ostacolo al riutilizzo di materiali riciclati. In aggiunta, verranno incentivate le costruzioni in legno attraverso dei fondi per gli enti pubblici (come i comuni e le comunità comprensoriali) e bonus per le costruzioni provate, mentre gli edifici pubblici dovranno essere edificati preferibilmente con materiali da costruzione naturali

e, ove possibile, rinnovabili e di origine locale (ovvero muniti di certificati di origine e sostenibilità). Entro il 2030, la percentuale di nuovi edifici del settore pubblico costruiti con questi metodi dovrà salire ad almeno il 30%. Per quanto riguarda il riscaldamento, i nuovi edifici e le ristrutturazioni di parti termoisolanti di fabbricati industriali, artigianali e altri edifici commerciali assimilabili (che non siano destinati ad essere utilizzati come uffici, unità residenziali o per scopi simili) dovranno raggiungere uno standard di coibentazione corrispondente a quello di un edificio residenziale in classe CasaClima C o a quello di un edificio di classe CasaClima R [22].

L'agricoltura e la silvicoltura sono altri due settori chiave per il Piano Clima dell'Alto Adige in un'ottica di EC. In particolare, il documento identifica il legno come materiale di fondamentale importanza per il contributo al fissaggio a lungo termine del carbonio, oltre a poter sostituire di pari passo i materiali edili caratterizzati da forti emissioni di anidride carbonica. Per questo motivo l'obiettivo è di concentrare maggiormente gli sforzi per individuare il maggior numero possibile di fasi di riutilizzo del materiale comprese tra il suo primo impiego e la sua valorizzazione energetica attraverso uno studio più approfondito dei flussi del legno e della loro tracciabilità. Si fa inoltre riferimento alla biomassa per il ruolo importante nel contesto del teleriscaldamento, nella combustione domestica privata o sotto forma di biogas. Nel caso della biomassa, occorre distinguere tra produzione primaria (da legno cresciuto in Alto Adige) e secondaria (da scarti di legno, legno importato per altri scopi), nonché importazioni dirette di biomassa (cippato e pellet). In futuro rivestirà un ruolo importante anche l'utilizzo a cascata, ossia il graduale riutilizzo del legno sino alla sua combustione. Nella produzione primaria, l'obiettivo è di raggiungere un volume ecologicamente ed economicamente sostenibile, laddove questo dovesse aumentare naturalmente al crescere dei prezzi dell'energia, garantendo inoltre che la biomassa importata provenga da una raccolta di legname che non ecceda in nessun caso il volume di crescita annua delle foreste. Per fare questo sarà importante stilare un bilancio dettagliato della produzione, dell'utilizzo, dell'esportazione e dell'importazione di biomassa, anche al fine di garantire una sufficiente diversificazione; tuttavia, è necessario un aggiornamento dei dati (risalenti al 2012) sui flussi di legname in Alto Adige e una maggiore collaborazione lungo tutta la catena di valore dell'industria forestale. All'agricoltura si lega invece il tema dell'alimentazione: l'incentivazione di iniziative di contrasto agli sprechi di generi alimentari e altri prodotti sono fondamentali all'interno del Piano Clima per aumentare la consapevolezza delle persone e necessarie per raccogliere il know-how per rendere il sistema che lega i produttori ai consumatori più sostenibile. Infine, i settori dell'artigianato e del terziario saranno coinvolti in iniziative che promuovano il riutilizzo dei beni di consumo (di seconda mano) e l'allungamento della vita utile dell'usato (riparazione, up-cycling), creando dei presupposti logistici per un'espansione delle pratiche associate all'EC e che possono essere condensate nel concetto di rivalorizzazione dei materiali e dei prodotti. Una delle misure più significative in questi termini è la possibilità di ammettere negli spazi di vendita solo alcune attrezzature o elettrodomestici conformi alla direttiva Eco-Design dell'Unione Europea [23].

L'Economia Circolare nella Smart Specialization Strategy (RIS3)

Gli sforzi della PAB per coniugare sostenibilità ambientale ed economica in un percorso di crescita e innovazione che include anche l'EC sono ben rappresentati dalla Smart Specialization Strategy (RIS3), elaborata nel 2014 e rielaborata successivamente nel 2020. Questa iniziativa è volta a promuovere lo sviluppo economico sostenibile e la competitività dell'Alto Adige concentrandosi sull'identificazione e lo sfruttamento dei punti di forza e delle potenzialità del territorio, nonché sull'allocazione mirata delle risorse per favorire l'innovazione e la crescita

economica. La RIS3 si basa quindi sull'identificazione di settori chiave e specializzazioni in cui l'Alto Adige può avere un vantaggio competitivo distintivo. Questi settori sono selezionati in base alle risorse, alle competenze e alle capacità già presenti sul territorio, nonché alle opportunità di sviluppo sostenibile nel contesto globale. Le aree di specializzazione identificate sono: Automation and Digital, Food and Life Science, Green Technologies e Tecnologie alpine. Per ciascuna di queste vengono definiti indicatori e misure da attuare e monitorare secondo periodi variabili che vanno dal breve termine (circa 1 anno) al lungo termine (4-7 anni), con la possibilità di non stimare necessariamente una durata per quelle più complesse. Inoltre, sono stati identificati quattro campi trasversali che hanno una grande influenza sull'innovazione in tutti i settori: (i) sostenibilità, (ii) digitalizzazione, (iii) industrie creative, (iv) formazione ed educazione permanente. In questo modo, la RIS3 ha l'obiettivo di supportare i decisori politici nel concentrare gli investimenti pubblici e privati sulle aree di specializzazione prioritarie, incoraggiando la collaborazione tra le imprese, le istituzioni di ricerca e le autorità locali, favorendo la creazione di sinergie e la diffusione delle conoscenze.

L'EC rientra come una delle priorità dell'area di specializzazione "*Green Technologies*" della RIS3 attraverso obiettivi strategici quali la gestione materiali, il potenziamento dei prodotti e delle catene del valore regionali, il metodo Life Cycle Analysis (LCA), le catene di fornitura resilienti e lo sviluppo di criteri di valutazione standardizzati per la sostenibilità di prodotti e servizi. All'interno del documento della RIS3 [24] esistono cinque misure dedicate specificamente all'attuazione dell'EC, e per ciascuna di esse vengono menzionati una serie di attori coinvolti, di progetti e di attività tutt'ora in corso che ne supportano l'implementazione in modo diretto o indiretto. La prima s'intitola "*Attivazione di circuiti locali attraverso la creazione di partnership regionali a valore aggiunto che promuovano la vendita diretta e l'approvvigionamento locale di prodotti alimentari regionali*" e mira a promuovere una trasformazione nel sistema agroalimentare dell'Alto Adige, puntando su criteri di sostenibilità. Gli obiettivi includono la promozione di processi produttivi e di trasformazione regionali, sostenibili ed equi, migliorando la collaborazione tra i diversi attori/attrici della filiera, sviluppando soluzioni digitali per la logistica e la tracciabilità, introducendo strategie innovative di marketing e comunicazione, e promuovendo la conoscenza e la solidarietà tra città e zone rurali. La misura prevede anche la redistribuzione del valore aggiunto tra i partecipanti alla filiera, incentivando gli investimenti in prodotti alimentari locali e sostenibili. Si promuovono prezzi equi e condizioni di lavoro giuste, insieme a strategie di comunicazione per sensibilizzare i consumatori sui benefici dei prodotti sostenibili. Soluzioni digitali per il marketing e la logistica sono parte integrante dell'iniziativa, con l'obiettivo di rendere più efficiente e accessibile la distribuzione di prodotti alimentari regionali, sostenendo al contempo lo sviluppo delle aree rurali attraverso la connettività digitale. La seconda misura è "*Prevedere un centro di competenza per il Business Model Engineering che assicuri il trasferimento tecnologico di nuove tecnologie fino in azienda*". Il Business Model Engineering si concentra sulla creazione di modelli di business, decision-making e strategie d'azione per imprese e istituzioni coinvolte in progetti innovativi nel contesto della digitalizzazione e della sostenibilità. Valutando le catene del valore e i trend tecnologici, economici e sociali, l'obiettivo è supportare le imprese nella gestione di sistemi produttivi e decisionali complessi, caratterizzati dalla presenza di tecnologie avanzate e reti di attori diversi. Il progetto si focalizza sull'individuazione di modelli di business tramite l'approccio "Front-End-Innovation", mirando a creare servizi orientati alla sostenibilità e all'EC. La terza misura si concentra sull' "*Impiego di materiali riciclati, p.es. riciclo di materiali da costruzione, e valutazione degli aspetti riguardanti la sostenibilità nella scelta dei materiali*", favorendo quindi la prevenzione dei rifiuti, il riuso, il riciclo, il recupero e infine lo smaltimento, seguendo la gerarchia europea dei rifiuti. L'obiettivo è di migliorare la scelta e l'uso dei materiali, privilegiando le risorse bio-economiche sostenibili e locali per ridurre la dipendenza da materie prime non rinnovabili e da

altre regioni. Settori come l'edilizia, l'agricoltura, la silvicoltura, l'energia e la gestione dei rifiuti sono centrali in questa strategia. La misura dovrebbe essere supportata da conoscenze scientifiche, strumenti e normative ISO sull'EC, oltre a includere formazione e sensibilizzazione della società civile e una simbiosi tra i settori economici favorita dall'impiego più estensivo di strumenti digitali appropriati. La quarta misura riguarda l'EC in agricoltura e silvicoltura attraverso la *“Valorizzazione dei prodotti secondari e di scarto della produzione alimentare, del legno e delle biomasse (bioeconomia)”* con l'obiettivo di promuovere la ricerca e lo sviluppo di tecnologie, prodotti e servizi per favorire cicli biologici sostenibili. Tra le biomasse utilizzate dall'agricoltura e dalla silvicoltura per alimentare l'economia circolare vi sono: residui forestali, scarti della lavorazione del legno (come corteccia, trucioli, segatura), cenere da legna, residui agricoli e zootecnici, scarti della lavorazione agroalimentare (tra cui rifiuti della macellazione, siero di latte, vinaccia, gambi, depositi, scarti di frutta e cereali). Le tecnologie e le pratiche per valorizzare queste biomasse comprendono la produzione di energia o biocarburanti (come biometano, bioidrogeno), l'estrazione di prodotti chimici verdi, la produzione di compost, il recupero delle acque e la creazione di prodotti a base biologica. Attualmente, l'abbondanza di prodotti secondari e scarti rappresenta sia una sfida che un'opportunità per un'economia circolare. Lo sviluppo di soluzioni per gestire i residui forestali e valorizzare i prodotti agricoli secondari necessita lo sviluppo di protocolli di lavorazione, metodi di estrazione e conservazione ottimizzati. L'ultima misura prevede invece lo *“Sviluppo di un Life-Cycle-Assessment standardizzato per le imprese produttrici altoatesine e incentivi per le imprese con un bilancio ambientale particolarmente positivo”*. Tramite questa iniziativa si propone di sviluppare un sistema chiaro e trasparente basato sul metodo LCA per monitorare, valutare e controllare gli impatti ambientali delle organizzazioni economiche locali, anche considerando i processi e gli effetti esterni al territorio della regione. In concomitanza con questa misura, si prevede l'istituzione di un marchio di certificazione per evidenziare le organizzazioni con prestazioni ambientali di qualità e la creazione di un sistema di costi e compensazioni per incentivare le buone pratiche (ad esempio, valutando e ricompensando la riduzione delle emissioni di CO₂ nell'agricoltura e nella silvicoltura) attraverso il supporto da parte di piattaforme digitali per facilitare la raccolta dati, la comunicazione e la gestione del sistema di valutazione secondo le specifiche esigenze dei settori e delle organizzazioni coinvolte. Nonostante le misure appena descritte si riferiscano specificamente all'EC all'interno della sezione “Green Technologies”, l'EC stessa è menzionata e inclusa anche in altre misure e settori dal momento che rappresenta una strategia trasversale all'interno del RIS3. Alcuni esempi riguardano l'impiego di materiali più resistenti ed energeticamente efficienti, il sostegno a progetti di costruzione a bassa impronta ecologica in termini di emissioni di carbonio con osservazioni sull'intero ciclo di vita dei prodotti edili, lo sviluppo e l'applicazione di forme di coltivazione e fertilizzazione che preservino il suolo, le acque, la biodiversità e il clima.

4. Classificazione del campo d'azione selezionato

Introduzione

L'economia della Provincia Autonoma di Bolzano è fortemente influenzata dalla morfologia del suo territorio: le montagne che lo caratterizzano sono il motore del turismo, e la presenza del Brennero, il valico alpino più basso delle Alpi orientali, convoglia i traffici di merci e persone tra Europa centrale e mediterranea. I servizi rappresentano il settore più significativo nel valore aggiunto delle attività economiche della provincia, seguiti da "attività estrattive, manifatturiere e fornitura di energia e acqua", e "agricoltura, silvicoltura e pesca" [25]. La figura 2, nella pagina seguente, mostra principali attori/attrici (*stakeholders*, "portatori/portatrici di interesse") individuati nell'ambito dell'economia circolare in Alto Adige. Essi/esse possono ricoprire un ruolo rilevante in diversi settori, ed è cruciale che vengano coinvolti tanto nell'elaborazione di una strategia per l'economia circolare quanto nella sua implementazione.

Il settore delle costruzioni risulta particolarmente rilevante: rappresenta da solo il 6,8% del valore aggiunto sul totale delle attività economiche nella Provincia Autonoma di Bolzano, quasi due punti percentuali in più se paragonato sulla media nazionale [25]. Se si considera a livello globale, l'industria delle costruzioni si posiziona al vertice come il principale consumatore e di materie prime, e la quantità di materiale impiegato nella costruzione rappresenta quasi il 60% di tutti i materiali utilizzati dall'umanità [26]. In Alto Adige, nel 2022, circa 17.000 persone erano impiegate nel settore principale delle costruzioni, di cui 10.000 nell'edilizia [27]. Il campo delle costruzioni presenta quindi un enorme potenziale di miglioramento nell'ottica dell'economia circolare, poiché impiega ingenti risorse ambientali e pratica metodologie di produzione dei materiali con un forte impatto. Secondo le statistiche del Programma Ambientale delle Nazioni Unite, il settore edilizio assorbe il 36% del consumo energetico globale e il 37% delle emissioni di gas serra legate all'energia. Questi dati mettono nuovamente in luce il settore delle costruzioni come il principale consumatore di energia e uno dei principali contribuenti alle emissioni globali di anidride carbonica in tutti i settori dell'economia [28].

Nel contesto europeo, il settore delle costruzioni è stimato essere responsabile di circa la metà di tutti i materiali estratti e contribuisce in modo significativo alla generazione di vaste quantità di rifiuti da costruzione e demolizione (RCD): nell'Unione Europea, i RCD costituiscono più di un terzo del totale dei rifiuti prodotti [29].

Tuttavia, un miglioramento significativo nell'efficienza dell'utilizzo dei materiali potrebbe portare a una riduzione dell'80% di tali emissioni. Questo sottolinea l'importanza di adottare pratiche costruttive più sostenibili e di promuovere l'economia circolare nel settore edilizio per ridurre l'impatto ambientale complessivo [30].

Per tali motivazioni, il settore edilizio è stato identificato come il fulcro principale e prioritario per lo sviluppo degli approcci strategici all'economia circolare in Alto Adige. Questa decisione riflette il riconoscimento della significativa impronta ambientale del settore delle costruzioni e della sua vasta gamma di opportunità per implementare pratiche più sostenibili. Il documento "Approcci strategici all'economia circolare nel settore delle costruzioni in Alto Adige" è rivolto a promuovere l'adozione diffusa di tecnologie e processi che favoriscano il riutilizzo dei materiali, la riduzione degli sprechi e il miglioramento dell'efficienza energetica nelle attività edilizie. Inoltre, si prevede che un focus concentrato sul settore edilizio possa catalizzare ulteriori progressi verso un'economia più circolare in tutto il contesto provinciale, dato la

concreta possibilità di integrare nel campo edilizio anche soluzioni di EC derivanti da altri settori economici, creando sinergie e valorizzando il complessivo potenziale locale, contribuendo anche a pratiche di sinergie industriali intersettoriali.

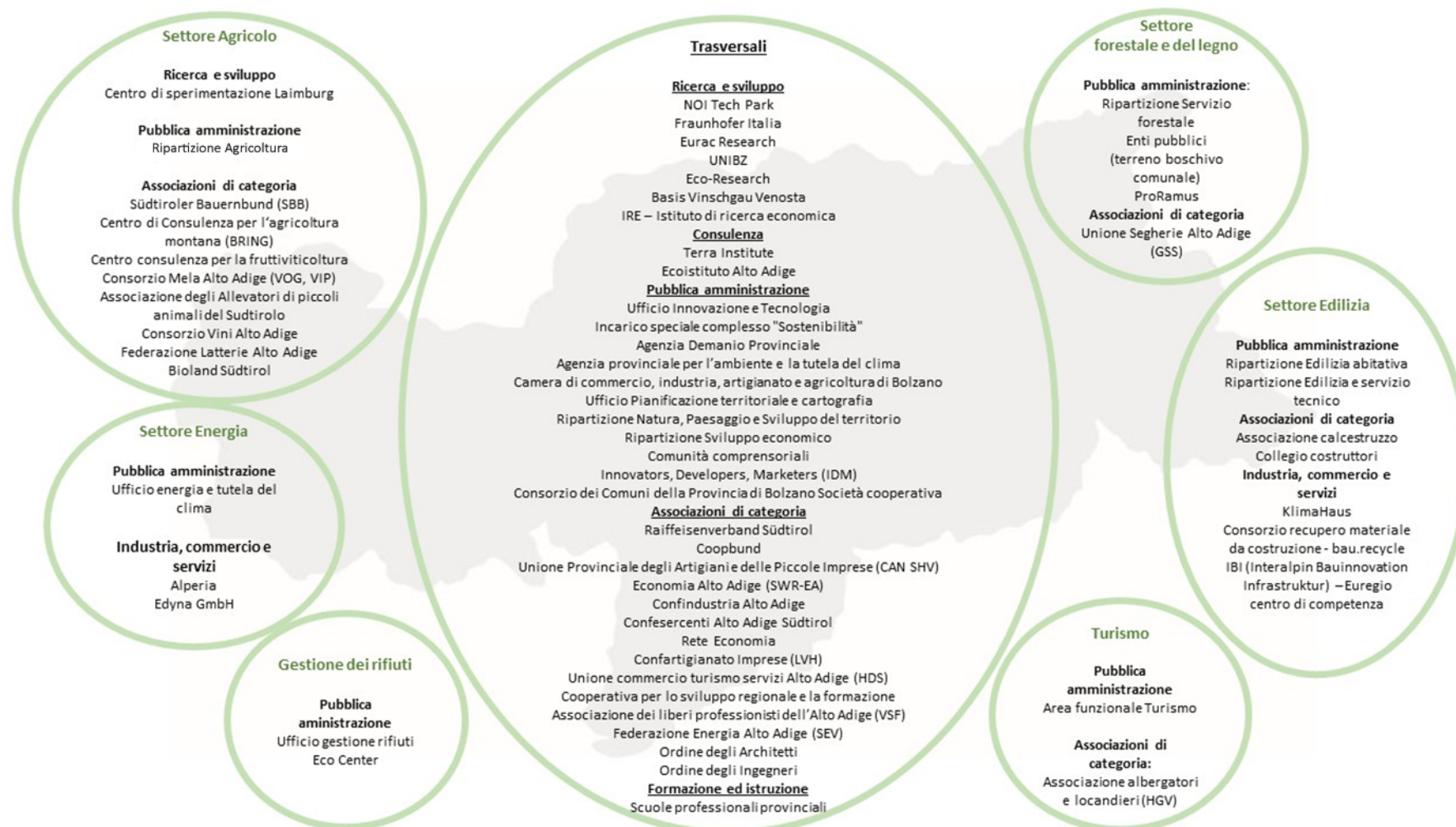


Figura 2: Stakeholder analysis dell'economia circolare in Alto Adige

Metodologia

Seppure l'Italia e la PAB siano ben posizionate nella transizione verso un'EC rispetto ad altri contesti europei e internazionali, soprattutto grazie alle loro elevate quote di riciclo, è opportuno approfondire le metodologie e la qualità del riciclo stesso per prevenire il fenomeno del *downcycling*, migliorare ed accelerare i processi già in atto e promuoverne di nuovi tramite misure pubbliche di regolamentazione, incentivo e tramite l'impiego di strumenti fiscali.

Analisi qualitative e quantitative dettagliate dei flussi sono fondamentali per supportare possibili strategie e pratiche migliori, poiché il primo passo è sempre quello di conoscere il territorio e i suoi processi socioeconomici, in modo da identificare gli "hotspot" e le opportunità di intervento. La ricerca analitica può supportare efficacemente le autorità locali fornendo loro un primo "screening" della situazione attuale; essa inoltre può fissare gli obiettivi, sostenere lo sviluppo di strategie, monitorare l'evoluzione e analizzare l'impatto delle azioni attuate nella transizione da un'economia lineare ad una circolare [31], [32], [33].

Un ausilio funzionale nell'analisi del potenziale legato alla quantità dei materiali provenienti dal settore edile è rappresentato dalla Material Flow Analysis (MFA). La MFA quantifica i materiali che entrano ed escono da un sistema, considerando i processi di immagazzinamento, utilizzo e recupero. Seguire questi flussi consente di pianificare gli input e prevedere gli output, ottimizzando così l'impiego dei materiali. Questo approccio analitico è cruciale anche per la valutazione di indicatori chiave come il fabbisogno totale di materiali (Total Material Requirement, TMR) del sistema [34].

Ciò conferisce alla MFA un'importanza significativa nell'ambito dell'economia circolare, in quanto consente di analizzare e mappare dettagliatamente tutti i flussi di materiali, nonché i processi di stoccaggio, utilizzo, recupero e altri aspetti correlati. L'analisi dei flussi di materiali viene applicata su varie scale, che possono includere singole imprese, aree industriali o intere città, regioni o paesi. Questo approccio può riguardare sia i flussi di un singolo materiale che quelli di tutti i materiali all'interno di un sistema durante un periodo specifico (generalmente un anno) o lungo un intervallo di tempo definito (come nelle MFA dinamiche). È essenziale che i limiti del sistema siano chiaramente definiti nello spazio e nel tempo. Inoltre, l'MFA fornisce una base solida per valutare l'efficacia delle politiche e delle strategie di economia circolare nel settore edile, permettendo di monitorare i progressi nel ridurre l'uso di risorse primarie, minimizzare i rifiuti e promuovere il riutilizzo e il riciclo dei materiali [35], [36].

Riconoscendo i contributi della metodologia appena descritta, è stata condotta un'analisi semplificata dei flussi di materiali nel settore edile della Provincia Autonoma di Bolzano, utilizzando principalmente dati provenienti dagli uffici statistici [25], [37].

L'obiettivo dell'analisi corrente è la quantificazione dei flussi di materiali di ingresso e uscita nel settore edilizio della Provincia Autonoma di Bolzano, riferiti all'anno più recente per il quale sono disponibili dati.

La quantità dei materiali necessari alla costruzione e quella dei rifiuti generati dalla demolizione e dalla costruzione dipendono dal tipo di attività e dalle pratiche adottate nel settore edile. A questo scopo, per il settore residenziale, è stata esaminata la possibilità di simulare tre scenari distinti: turnover, conservativo e sostenibile. Questi forniscono dati relativi alle attività edilizie, alle tipologie di materiali usati, e sulla composizione delle macerie. Nel primo scenario, denominato "turnover", si ipotizza un aumento delle attività di riqualificazione degli edifici favorito da incentivi fiscali. Il secondo scenario, "conservativo", descrive una situazione in cui mancano incentivi e non si prevede un significativo aumento della superficie abitabile pro capite. Infine, il terzo scenario, "sostenibile", si basa sulla continuazione degli

incentivi fiscali per la riqualificazione, una leggera riduzione del numero di nuove costruzioni e un maggiore impiego di materiali di origine lignea [38].

Considerando la grande produzione e uso di materiale legnoso nella provincia e il fatto che nell'anno di analisi, il 2022, fossero presenti incentivi fiscali per la riqualificazione, lo scenario sostenibile è stato selezionato come caso studio. Per l'anno 2022, le superfici abitative residenziali fornite da ASTAT sono state utilizzate come base per i calcoli.

Parallelamente, per il settore non residenziale, data l'assenza di studi specifici su possibili scenari di rinnovamento, l'analisi per l'anno 2022 si è basata su dati ASTAT sull'attività edilizia e i recuperi edilizi in Alto Adige, e su stime sulla composizione dei materiali utilizzati per il rinnovamento e per la quantificazione di quelli presenti nelle macerie [39].

Grazie alle interviste agli/alle stakeholder altoatesini del settore edilizio è stato inoltre possibile ottenere dati precisi sulle quantità cumulative di rifiuti edili. Per ottenere dalla simulazione un output di rifiuti congruente a questi dati, i valori preliminari della simulazione dello scenario sostenibile sono stati adattati. Questo è stato effettuato mantenendo lo stesso rapporto tra i quantitativi preliminari di input totali e output totali e, all'interno sia dei flussi in input che in quelli di output, le stesse proporzioni per ogni tipo di materiale rispetto ai totali corrispettivi. Data l'elevata quantità di rifiuti indifferenziati presente nei dati fornitoci dagli/dalle stakeholder, l'utilizzo dei valori dello scenario sostenibile ha permesso di avere una stima migliore della suddivisione delle quantità di ogni tipo di materiale di rifiuto.

In aggiunta a ciò, tramite il suo report annuale sulle detrazioni fiscali, ENEA ha fornito utili informazioni sulle superfici verticali soggette alle ristrutturazioni legate all'implementazione di incentivi fiscali [40].

Ciò ha permesso di identificare le quantità di isolanti per pareti e vetri per finestre utilizzati, al fine di ottenere risultati più precisi relativi a specifici materiali.

Risultati

I risultati ottenuti dall'analisi sono illustrati nelle figure sottostanti. L'aggregazione dei rifiuti edili proposta comprende le seguenti categorie: calcestruzzo, laterizio (mattoni pieni o forati), minerali (massetti, intonaci, controsoffitti, pavimenti, rivestimenti, tegole, ecc.), legno (non trattato, trattato), metalli (acciaio, alluminio, ferro, rame), vetro, isolanti e altri (carta catramata per coperture, rivestimenti per facciate, pavimenti e pareti, e installazioni sanitarie). Si è voluto tenere conto anche dell'asfalto, in quanto catalogato tra i rifiuti da C&D nell'Elenco Europeo dei Rifiuti. Tuttavia, non prestandosi ad essere analizzato assieme agli altri materiali, dato che è quasi totalmente legato all'attività edilizia residenziale e commerciale, si è preferito fare riferimento al valore fornito dalla Provincia Autonoma di Bolzano per la quantità di asfalto conferita nei centri di riciclo, riportando esso sia negli input sia negli output.

L'input di materiali per il settore edile residenziale e non residenziale per l'anno 2022 è circa 5,4 milioni di tonnellate di materiali, mentre l'output si aggira attorno a 1,1 milioni di tonnellate.

Emerge inoltre che la maggior parte dei materiali in ingresso è costituita principalmente da calcestruzzo, seguito dal laterizio, minerali e legno, come descritto nella letteratura scientifica [41].

Al contrario, le macerie sono prevalentemente caratterizzate da minerali. Dai calcoli effettuati risulta inoltre che l'input di materiali per il settore residenziale ammonta al 72% del totale, mentre genera l'89% dei rifiuti edili.

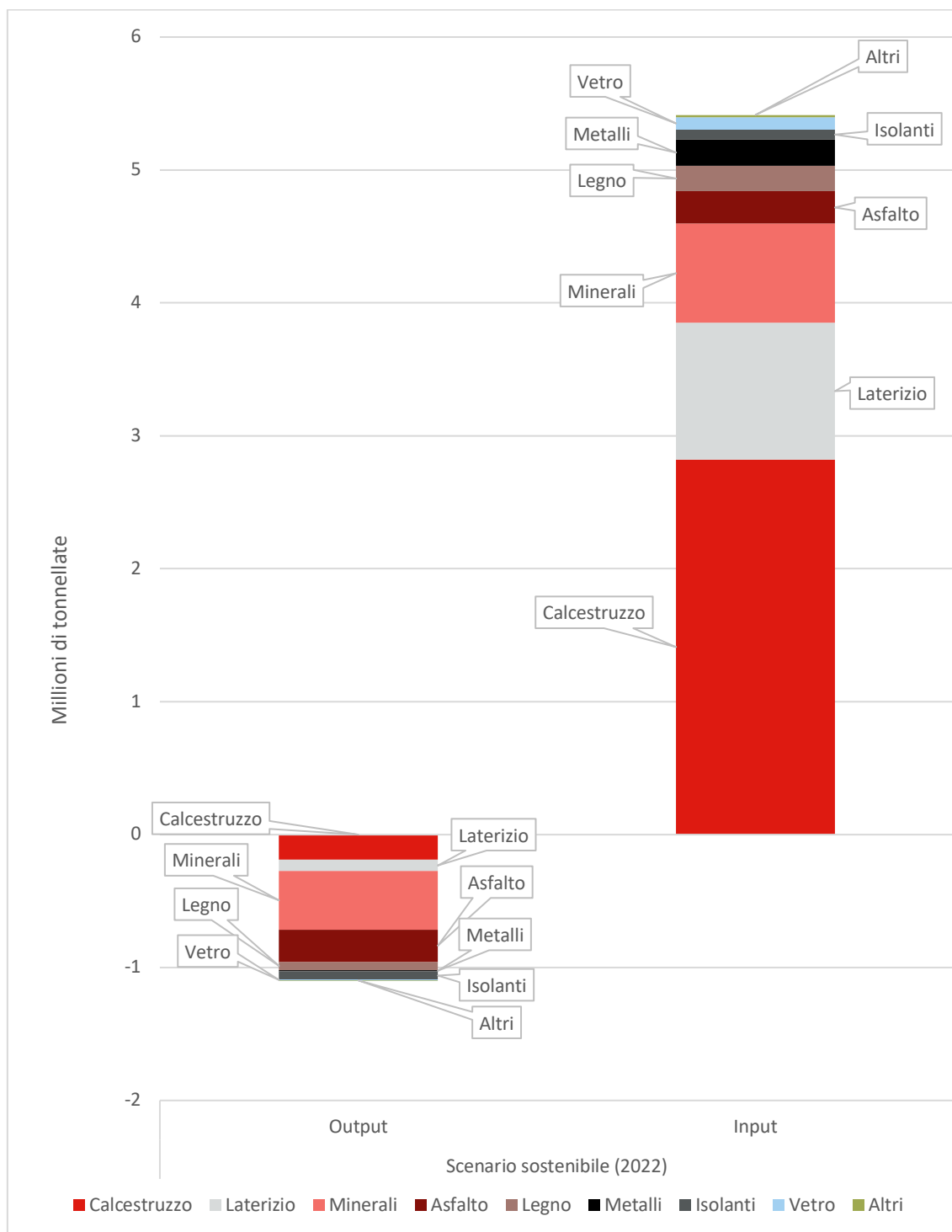


Figura 3: Stima degli input e output dell'anno 2022 di materiali per il settore edile residenziale e non residenziali, scenario Sostenibile. (Dati: ASTAT 2024. Elaborazione: Eurac Research)

La figura successiva si focalizza sulla stima degli input nel settore edile residenziale nel 2022 relativa a isolanti per pareti e vetro per finestre: il quantitativo di questi viene quantificato rispettivamente in circa 590 e 380 mila kg.

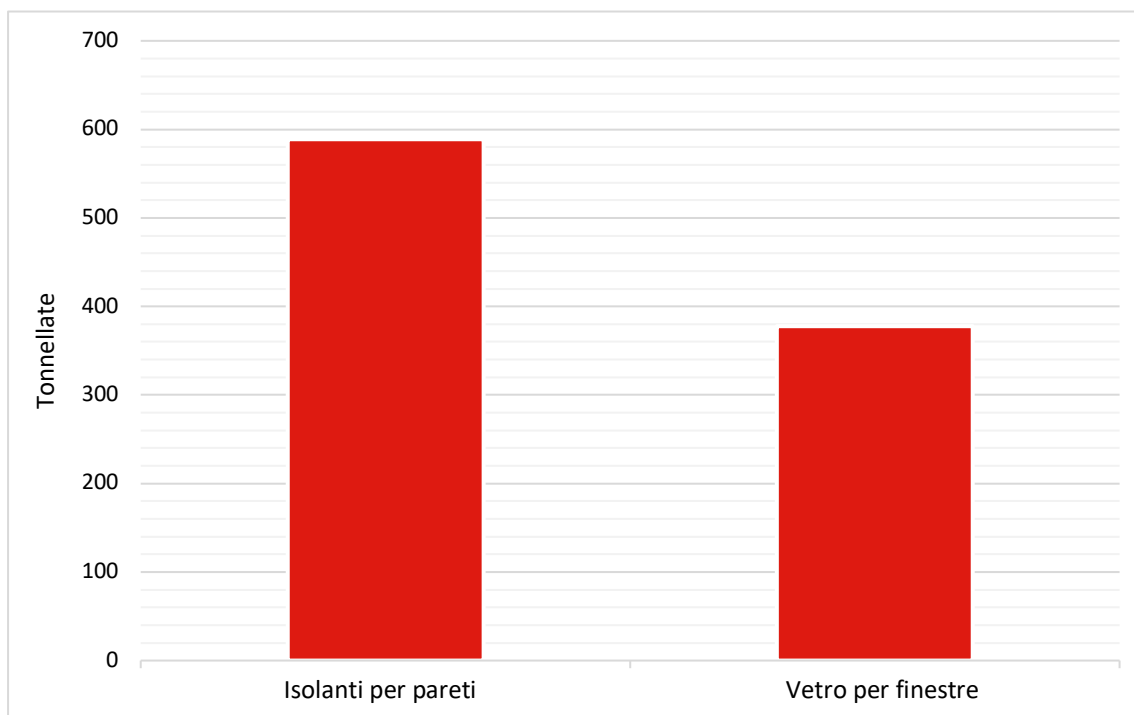


Figura 4: Stima degli input dell'anno 2022 di isolanti per pareti e vetro per finestre per il settore edile residenziale (Dati: ENEA 2023. Elaborazione: Eurac Research)

Complessivamente, il fabbisogno di materiali (input) per il patrimonio edilizio supera notevolmente i rifiuti generati (output). Questo rispecchia la presenza di un significativo stock di materiali di valore nell'economia edilizia, il quale potrebbe essere recuperato e riutilizzato mediante l'implementazione di strategie sostenibili di economia circolare.

La strategia di riduzione dei rifiuti di costruzione e demolizione (C&D) e di utilizzo dello stock di materiali preesistente negli edifici deve iniziare, in primo luogo, nella fase di progettazione. Questa gioca un ruolo fondamentale nella prevenzione degli input e degli output, ossia nella riduzione dei requisiti dei materiali degli edifici e dei rifiuti generati. Inoltre, la progettazione può aumentare le possibilità di recupero, sia quantitativamente che qualitativamente, alla fine del ciclo di vita degli edifici dei componenti edilizi. Per esempio, l'impiego di materiali compositi nella costruzione può rendere la separazione e il recupero più complessi e dispendiosi in termini di risorse. Al contrario, l'uso di componenti modulari che consentono un facile smontaggio e la separazione dei materiali può favorire tassi di separazione più elevati e pratiche di recupero più efficienti. La demolizione selettiva è inoltre fondamentale per aumentare il recupero, riutilizzo e riciclo: normalmente si assiste a demolizioni veloci e relativamente non pianificate che risultano spesso in un mix di materiali indifferenziati: questo, da un lato, aumenta il rischio di non trattare adeguatamente (e gestire in sicurezza) le sostanze pericolose e, dall'altro, limita il potenziale recupero, riutilizzo e riciclo dei materiali da costruzione [42].

Le pratiche di "urban mining", ossia il processo di estrazione di risorse rinnovabili, materiali o energia da rifiuti urbani o prodotti obsoleti, allo scopo di ridurre l'impatto ambientale e promuovere il riciclo e il riutilizzo delle risorse, sono la concretizzazione del principio centrale dell'economia circolare che mira a preservare il valore intrinseco dei materiali attraverso il loro recupero e riutilizzo. Queste azioni rappresentano una raccomandazione di prim'ordine per massimizzare l'efficacia dello sfruttamento degli stock di materiali all'interno dell'economia

edilizia, ma anche queste, per poter raggiungere il loro pieno potenziale, presuppongono l'applicazione di tecniche di demolizione selettiva e riprogettazione dei componenti utilizzati [43], [44].

Limiti

I limiti di questa analisi sui flussi di materiali del settore edilizio della Provincia Autonoma di Bolzano sono strettamente legati alla disponibilità di dati precisi e specifici relativi alla provincia. In particolare, i dati riguardanti le attività di costruzione, demolizione e rinnovamento sono basilari per una valutazione accurata, ma sono stati difficili da ottenere e potrebbero non essere comprensivi di tutto il settore. Questa mancanza di dati dettagliati potrebbe influenzare la precisione e l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'analisi. Un altro limite significativo è rappresentato dall'esclusione del settore edile delle infrastrutture dagli studi condotti. Questa decisione potrebbe ridurre la completezza dell'analisi, in quanto il settore delle infrastrutture può rappresentare una parte significativa dei flussi di materiali nel contesto edilizio complessivo. L'esclusione di questo settore potrebbe portare a una sottostima delle masse totali dei materiali coinvolti nel settore edilizio, limitando così la comprensione complessiva della gestione dei materiali nell'ambito dell'edilizia. Inoltre, è importante considerare che l'analisi dei flussi di materiali può essere influenzata da varie incertezze e assunzioni, soprattutto quando si tratta di stimare flussi di materiali in un contesto complesso come quello del settore edilizio. Le incertezze legate ai tassi di riciclo, alle pratiche di gestione dei rifiuti e alle dinamiche di mercato dei materiali possono avere un impatto significativo sui risultati dell'analisi e devono essere prese in considerazione nell'interpretazione dei dati. In sintesi, mentre l'analisi dei flussi di materiali può fornire importanti informazioni sulla gestione dei materiali nel settore edilizio, è fondamentale riconoscere e considerare i limiti associati alla disponibilità dei dati, alla copertura settoriale e alle incertezze intrinseche nel processo di valutazione.

5. Quadro normativo sull'economia circolare

Il concetto di Economia Circolare (EC) ha acquisito rilevanza a livello globale come approccio sostenibile alla gestione delle risorse e allo sviluppo economico. Negli ultimi decenni, l'importanza delle norme e della legislazione è cresciuta in modo significativo, riflettendo la crescente consapevolezza di promuovere pratiche di consumo e produzione compatibili con le sfide climatiche ed ecologiche del XXI secolo. L'esistenza di un quadro normativo che guidi e regoli le azioni delle imprese, dei governi e della cittadinanza nell'adozione di pratiche circolari ha assunto un ruolo essenziale nel rendere quest'ultime effettive e applicate in modo concreto. Queste disposizioni stabiliscono standard, obiettivi e strumenti che favoriscono la riduzione degli sprechi, la promozione del riciclo, il riutilizzo delle risorse e la prevenzione di ulteriori emissioni di gas serra nell'atmosfera. L'adozione di norme e legislazioni sull'economia circolare rappresenta un passo fondamentale verso un'economia più sostenibile e resiliente, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite. All'interno del continente europeo in particolare, le legislazioni sull'economia circolare sono emerse come capisaldi cruciali per affrontare le sfide ambientali e favorire una crescita sostenibile. A livello dell'Unione Europea, iniziative come il Piano d'Azione sull'Economia Circolare e il Green Deal stabiliscono obiettivi ambiziosi e forniscono linee guida per gli stati membri per la transizione verso la circolarità. In Italia, le strategie nazionali e la legislazione integrano le direttive dell'UE, delineando misure specifiche per promuovere la riduzione dei rifiuti, l'efficienza delle risorse e modelli di produzione e consumo sostenibili. Allo stesso modo l'Alto Adige, come territorio impegnato nella sostenibilità ambientale, ha sviluppato proprie iniziative sull'economia circolare e regolamenti adattati ai contesti e alle sfide locali. Questo capitolo si propone di descrivere dunque le principali norme e strategie esistenti lungo i tre livelli di governance (europeo, italiano e altoatesino) evidenziando l'interconnessione dei loro approcci e l'obiettivo comune di raggiungere un futuro più sostenibile.

5.1 Strategie e normative sull'EC: Unione Europea

Il Piano d'Azione per l'Economia Circolare

L'economia circolare è diventata una priorità fondamentale nell'Unione Europea (UE) per affrontare sfide ambientali e promuovere la sostenibilità economica. Le leggi, le norme e i regolamenti a livello europeo riflettono un impegno crescente per promuovere pratiche circolari in diversi settori industriali. Il percorso tracciato a livello comunitario pone le proprie fondamenta in una serie di strategie che rientrano all'interno del Green Deal europeo che si prefigge come obiettivo la neutralità climatica dell'intero continente entro il 2050. L'economia circolare rappresenta uno dei pilastri del Green Deal e si connette con diversi piani d'azione relativi alla salvaguardia della biodiversità, la sostenibilità alimentare (*Farm-to-Fork Strategy*), la mobilità sostenibile e all'efficienza energetica. Nello specifico, la Commissione Europea ha adottato nel marzo 2020 il Piano d'Azione per l'Economia Circolare in seguito ad un percorso iniziato nel dicembre 2015 con 54 azioni che sono state arricchite nel corso degli anni fino alla definizione del Green Deal stesso. Il Piano del 2020 contiene una serie di obiettivi collegati alla promozione del riciclo e del riutilizzo dei materiali per ridurre gli sprechi e la dipendenza dalle risorse naturali. Inoltre, si incentiva l'eco-design e la produzione sostenibile per ridurre

l'impatto ambientale dei prodotti durante tutto il loro ciclo di vita. Il piano mira anche a migliorare la gestione dei rifiuti attraverso l'implementazione di sistemi di raccolta differenziata e l'adozione di tecnologie innovative per il trattamento dei rifiuti. Allo stesso tempo, si cerca di favorire l'adozione di modelli di business circolari che promuovano il riutilizzo, il riciclo e la riparazione dei prodotti. Inoltre, si promuove la digitalizzazione e l'innovazione tecnologica come strumenti per ottimizzare l'uso delle risorse e favorire l'economia circolare. Le linee guida esposte nel Piano hanno servito come base per una serie di normative successive che hanno approfondito ed espanso quanto in esso contenuto.

Il contesto normativo dell'Unione Europea

Per tracciare il percorso che ha portato al Piano del 2020 e alle regolamentazioni odierne si deve partire dalla Direttiva Quadro sui Rifiuti del 2008 [45] che stabiliva criteri normativi per la gestione dei rifiuti nell'Unione Europea. Il testo definisce principi fondamentali come il principio del "chi inquina paga" e la gerarchia dei rifiuti. Mentre il primo sottolinea la responsabilità delle imprese che provocano danni ambientali e l'obbligo di queste ad adottare le necessarie misure di prevenzione o di riparazione sostenendo tutti i costi correlati, il secondo stabilisce la prevenzione (ovvero, cercare prima di tutto di non produrre rifiuti laddove possibile), il riutilizzo, il riciclo e lo smaltimento come priorità da adottare in ordine decrescente. La direttiva impone agli Stati membri di adottare misure per garantire che i rifiuti siano gestiti in modo sicuro e responsabile, promuovendo il riciclo e il recupero di materiali e energia. Inoltre, stabilisce obiettivi minimi di riciclo e prevede disposizioni specifiche per la gestione dei rifiuti pericolosi. La direttiva incoraggia anche la responsabilità estesa del produttore, che implica che i produttori devono tener conto dell'impatto ambientale dei loro prodotti durante tutto il ciclo di vita, incluso lo smaltimento. Inoltre, l'articolo 6 della direttiva descrive i cosiddetti criteri "*End of Waste*" che specificano quando un rifiuto cessa di essere tale, ovvero quando: (i) la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici, (ii) esiste un mercato o una domanda esistente per la sostanza o l'oggetto, (iii) l'uso è legale, cioè la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la legislazione e gli standard esistenti applicabili ai prodotti, (iv) l'uso non comporta impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana. La direttiva originale del 2008 è stata emendata più volte nel corso degli anni, e una delle modifiche più importanti è avvenuta nel 2018. Tra le novità introdotte si riscontrano il rafforzamento delle disposizioni relative alla gestione dei rifiuti pericolosi e la definizione di obiettivi più ambiziosi per il riciclo e il recupero dei rifiuti, fissando tassi minimi di riciclo per determinate categorie di rifiuti e stabilendo misure per ridurre la discarica. Inoltre, viene descritta più in dettaglio la differenza tra rifiuti e sottoprodotti: mentre i primi rappresentano qualsiasi sostanza o oggetto di cui il titolare si disfi o abbia intenzione di (o è tenuto a) disfarsi, i secondi sono sostanze o oggetti risultanti da un processo di produzione il cui scopo primario non è la produzione di quell'oggetto. I sottoprodotti possono provenire da un'ampia gamma di settori aziendali e avere impatti ambientali molto diversi. L'emendamento del 2018 è avvenuto successivamente all'adozione nel 2015 del Pacchetto sull'Economia Circolare da parte della Commissione Europea (CE) che prevedeva un'esplicita revisione della Normativa sui Rifiuti ma anche una serie di misure quali: l'incremento ai sostegni finanziari per le imprese e l'innovazione nel settore dell'EC, norme e standard comuni per l'etichettatura dei prodotti circolari e la promozione di pratiche sostenibili nei processi produttivi, sviluppo di un quadro di monitoraggio per l'EC e linee guida per la tracciabilità di sostanze chimiche pericolose. Attualmente si sta discutendo di ulteriori modifiche alla Direttiva sui Rifiuti per integrarla all'interno della Strategia dell'UE per i prodotti

tessili circolari e sostenibili, in particolare per quanto riguarda l'inclusione della responsabilità estesa del produttore al settore dell'abbigliamento.

Un altro documento che ha giocato un ruolo importante nelle strategie di implementazione dell'EC è stato il Piano di Lavoro sull'Ecodesign 2016-2019 da parte della Commissione Europea. Il documento definisce una serie di obiettivi e azioni per migliorare le prestazioni ambientali dei prodotti attraverso una progettazione che riduca gli impatti ambientali lungo il loro intero ciclo di vita (dalla produzione allo smaltimento); inoltre, esso prevede anche l'identificazione di nuove categorie di prodotti soggette a regolamentazione sull'ecodesign, nonché la revisione e l'aggiornamento dei requisiti esistenti per prodotti già regolamentati. Infine, il piano prevede un miglioramento del controllo dei processi di mercato per garantire la conformità dei prodotti alle normative sull'etichettatura per garantire una maggiore trasparenza verso i consumatori europei. Il fondamento normativo dell'eco-design nell'UE è la Direttiva 2009/125/EC relativa ai requisiti di efficienza energetica per alcuni prodotti come elettrodomestici, apparecchiature industriali, illuminazione, elettronica di consumo e sistemi di riscaldamento e raffreddamento. La Direttiva è stata sottoposta a una prima revisione nel 2012 e ad integrazioni come i Regolamenti 340 e 341 del 2021 per aggiornare le tipologie di prodotti. La direttiva prevede che la Commissione Europea definisca gli obiettivi minimi di efficienza energetica per diverse categorie di prodotti e stabilisca i metodi di misurazione e valutazione del risparmio energetico. Nuove proposte per discutere degli aggiornamenti per i requisiti di eco-design e di certificazione energetica (per prodotti elettronici con alta produzione di rifiuti come smartphone, tablet e pannelli solari) come sono in via di definizione da parte di un Piano d'Azione per l'eco-design 2022-2024 il quale integra il regolamento quadro sull'etichettatura energetica (UE/2017/1369) e fa il punto sui progressi compiuti con il banca dati dei prodotti per l'etichettatura energetica (EPREL).

Un ulteriore passo in avanti per quanto riguarda la normazione dell'EC si è avuto con il Pacchetto di Finanza Sostenibile varato dalla Commissione Europea nel giugno 2023 che ha previsto l'aggiornamento della Tassonomia dell'UE per le attività sostenibili, entrata in vigore nel luglio 2020 attraverso il Regolamento 2020/852. La Tassonomia è un sistema di classificazione comune che definisce i criteri per le attività economiche allineate all'obiettivo "zero emissioni" entro il 2050 e che possono essere considerate sostenibili dal punto di vista ambientale secondo dei criteri tecnici di selezione stabiliti dalla Commissione Europea. In questo modo, essa svolge un ruolo importante nell'incremento degli investimenti sostenibili, creando sicurezza per chi investe, proteggendo i/le cittadini/cittadine e le imprese dal *greenwashing*, aiutando le aziende a diventare più rispettose dei criteri di salvaguardia climatica e attenuando la frammentazione del mercato. Il Regolamento sulla Tassonomia stabilisce quattro condizioni generali che un'attività economica deve soddisfare per essere considerata sostenibile dal punto di vista ambientale: contribuire in modo sostanziale agli obiettivi ambientali (ad esempio, attraverso attività di adattamento o mitigazione, oppure con misure di ripristino della biodiversità degli ecosistemi), non compiere azioni in contrasto a tali obiettivi, rispettare standard minimi di salvaguardia sociale (come il rispetto dei diritti umani e dei diritti dei lavoratori) e rispettare i criteri tecnici della Commissione. Il Regolamento Delegato 2023/2486 della Commissione Europea ha aggiornato la Tassonomia esplicitando la transizione verso l'EC come obiettivo sostanziale, aggiornando i criteri tecnici e definendo più chiaramente gli obiettivi di rendicontazione da parte dei soggetti economici. Gli operatori dei mercati finanziari soggetti al regolamento devono infatti comunicare come e in che misura le loro attività economiche si allineano ai criteri della Tassonomia.

Il settore edile e del legno

Importanti misure normative e strategiche sono state introdotte nello specifico anche per quanto riguarda il settore edile. In particolare, nel corso degli anni, regolamenti e direttive precedenti sono stati aggiornati da una serie di criteri tecnici per attualizzare e migliorare l'efficienza dei processi di gestione dei rifiuti. Ad esempio, la Decisione 2011/753/UE integra la Direttiva Quadro sui Rifiuti del 2008 stabilendo dei metodi di calcolo per misurare il raggiungimento di certi tassi di riciclo per materiali impiegati nel settore edile, tra cui certe tipologie di metalli e plastiche, concentrandosi nello specifico sull'armonizzazione di tali metodi tra i vari Stati membri per garantire la comparabilità dei criteri di gestione dei rifiuti. Un altro documento che aggiorna la Direttiva del 2008 è la Decisione di Esecuzione 2019/1004 della Commissione Europea che stabilisce requisiti e procedure specifiche che gli Stati membri devono seguire nel calcolare, verificare e segnalare i dati relativi alla gestione dei rifiuti, con lo scopo di garantire coerenza, accuratezza e trasparenza nei dati raccolti in tutta l'UE. Il contenuto di entrambe le Decisioni è stato riassunto in un report del 2022 della stessa Commissione che definisce le linee guida per la rendicontazione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) [46]. Anche nel caso dell'edilizia, resta centrale l'emendamento della Direttiva Quadro dei Rifiuti avvenuto nel 2018 (2018/851/CE [47]) nel quale i rifiuti C&D sono definiti come derivanti dalle attività di costruzione e demolizione, che includono lavori nel settore residenziale privato, edifici educativi, ospedali, settori commerciali e industriali, e appalti pubblici (compresi progetti e manutenzione di infrastrutture). In generale, i rifiuti C&D sono costituiti da una miscela di materiali diversi come cemento, mattoni, vetro, legno, metalli, gesso e plastica, ma anche da sostanze pericolose come amianto e piombo. Anche in questo caso, l'applicazione dell'EC nel settore delle costruzioni segue la già menzionata "gerarchia dei rifiuti" attraverso la minimizzazione dei detriti e il potenziamento del riciclo dei materiali che possono essere separati.

Un altro importante documento è rappresentato dall'RPC, ovvero il Regolamento sui Prodotti da Costruzione (Regolamento UE 305/2011 [48]) che stabilisce le condizioni armonizzate per la libera commercializzazione dei prodotti da costruzione nell'UE, assicurando nel contempo informazioni affidabili sulle loro prestazioni. L'RPC si applica a una vasta gamma di prodotti utilizzati nelle costruzioni, compresi i materiali da costruzione, come cemento, vetro, legno, acciaio, mattoni, vernici, elettrodomestici, impianti di riscaldamento e raffreddamento, prodotti per l'isolamento termico e acustico, rivestimenti e pavimentazioni. Le principali disposizioni dell'RPC includono la definizione delle prestazioni essenziali che i prodotti da costruzione devono soddisfare, l'attestazione della conformità dei prodotti ai requisiti armonizzati, la compilazione delle dichiarazioni di prestazione da parte dei produttori e la creazione di una banca dati europea sui prodotti da costruzione. Nel 2016, l'UE ha pubblicato un protocollo per la gestione dei rifiuti C&D contenente raccomandazioni in termini di riuso e riciclo, tracciabilità e monitoraggio, cooperazione tra Stati membri e innovazione [49], mentre nel 2018 sono state rilasciate delle linee guida per l'ispezione e la verifica dei potenziali rifiuti C&D negli edifici prima delle attività di demolizione [50]. Infine, nel 2020 la Commissione Europea pubblica i Principi per il Design degli Edifici per promuovere una progettazione più sostenibile e circolare [51]. Tra i principi fondamentali delineati nel documento si possono individuare: l'incentivazione di materiali biodegradabili e riciclabili nella costruzione degli edifici, l'utilizzo di materiali facilmente smontabili e resistenti affinché il loro ciclo di vita sia prolungato il più possibile, il ricorso a metodologie quantitative come il *Life Cycle Assessment* (LCA, ovvero valutazione del ciclo di vita) e a strumenti digitali come il *Building Information Modelling* (BIM) per la gestione pianificata ed efficiente di tutte le fasi di progettazione e costruzione. Il documento include anche una serie di casi studio ed esempi concreti di edifici

progettati secondo i principi dell'economia circolare, illustrando le migliori pratiche e le sfide affrontate nel settore.

L'implementazione dell'EC nel settore edile è inoltre legata, come accennato nella precedente sezione sul quadro normativo, al concetto di efficientamento energetico degli edifici. Il regolamento principale su questo tema è la Direttiva sulle Prestazioni Energetiche degli Edifici (2010/31/UE [52]), fondamentale per la riduzione dell'impatto ambientale degli edifici nell'Unione Europea. La direttiva definisce chiaramente gli edifici soggetti alla normativa, che includono nuove costruzioni, edifici esistenti sottoposti a importanti ristrutturazioni e grandi sistemi di riscaldamento e raffreddamento, imponendo agli Stati membri di stabilire requisiti minimi di efficienza energetica per gli edifici e i loro elementi, come i sistemi di riscaldamento, raffreddamento e ventilazione. Gli Stati membri sono inoltre tenuti a istituire sistemi di certificazione energetica per gli edifici, che forniscono informazioni chiare e comprensibili sulla loro prestazione energetica. Per supportare questa direttiva, nel 2009 l'UE ha avviato la strategia *Build-Up* per sensibilizzare i proprietari di edifici, gli operatori del settore e il pubblico in generale sull'importanza dell'efficienza energetica e sulle opportunità di risparmio energetico negli edifici attraverso lo scambio e la condivisione di conoscenze, esperienze e buone pratiche tra gli Stati membri dell'UE e i diversi attori del settore edilizio tramite workshop e seminari. La strategia prevede anche il monitoraggio e la valutazione dei progressi compiuti nell'ambito dell'efficienza energetica degli edifici, al fine di identificare le sfide e le opportunità e di adattare le politiche di conseguenza. Con l'avvento del Green Deal la strategia sull'efficienza energetica è stata ampliata nel 2020 attraverso la cosiddetta *Renovation Wave*, con la quale ci si è posti l'obiettivo di promuovere la ristrutturazione degli edifici in ambito residenziale e non attraverso il sostegno con incentivi finanziari che mirassero, inoltre, alla lotta alla povertà energetica e alla decarbonizzazione dei sistemi di riscaldamento e di raffreddamento. Infine, un ulteriore passo è stato effettuato di recente con la Direttiva 2023/1791/UE [53] del Parlamento europeo e del Consiglio, datata 13 settembre 2023, che stabilisce nuovi obiettivi più rigorosi di efficienza energetica vincolanti per gli Stati membri al fine di ridurre il consumo energetico e migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, dei trasporti, dell'industria e di altri settori.

Per quanto riguarda il settore del legno, molte disposizioni sono già state presentate in questo capitolo, si veda ad esempio la Direttiva Quadro sui Rifiuti. Tuttavia, un importante regolamento europeo, ovvero il Regolamento 995/2010/UE [54] del Parlamento europeo e del Consiglio, pone degli obblighi agli operatori che commerciano legname e prodotti in legno all'interno dell'UE. Per contrastare la compravendita illegale di legname, è infatti necessario certificarne le informazioni sulla provenienza, sulla conformità alle leggi nazionali e internazionali e sul rispetto dei diritti delle popolazioni indigene e locali. Gli operatori e operatrici devono inoltre essere in grado di fornire informazioni dettagliate sulla catena di approvvigionamento del legname, comprese le informazioni sulla specie di legno, la quantità, il paese di origine e l'operatore precedente nella catena di fornitura. Più recentemente, l'UE ha varato una nuova strategia forestale per il 2030 che si inserisce all'interno del contesto del Green Deal e che delinea gli obiettivi e le azioni per la gestione sostenibile delle foreste.

5.2 Strategie e normative sull'EC: Italia

Strategia Nazionale Italiana sull'Economia Circolare

I regolamenti e le direttive dell'UE per quanto riguarda le normative sull'EC sono, rispettivamente, direttamente applicati e recepiti dalla legislazione italiana non solo su scala nazionale, ma anche regionale e locale. L'Italia, facendo propri i principi del Green Deal europeo e degli Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, ha emesso una propria Strategia Nazionale sull'Economia Circolare come parte integrante del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). La Strategia è stata approvata con Decreto ministeriale n. 259, del 24 giugno 2022 dall'allora Ministero per la Transizione Ecologica (oggi rinominato con la sua vecchia nomenclatura "Ministero per l'Ambiente e la Sicurezza Energetica") come documento programmatico volto all'individuazione delle azioni, obiettivi e misure che si intendono perseguire nella definizione delle politiche istituzionali volte ad assicurare un'effettiva transizione verso un'economia di tipo circolare. In particolare, l'Italia si propone di definire i nuovi strumenti amministrativi e fiscali per potenziare il mercato delle materie prime seconde (MPS), affinché siano competitive in termini di disponibilità, prestazioni e costi rispetto alle materie prime vergini. Per questo motivo, la strategia interviene su diversi livelli, influenzando il modo in cui vengono acquistati i materiali (attraverso i Criteri Ambientali Minimi per gli acquisti ecologici nella Pubblica Amministrazione), stabilendo criteri per determinare quando un materiale cessa di essere considerato un rifiuto, promuovendo la responsabilità estesa del produttore, coinvolgendo attivamente il/la consumatore/consumatrice e incoraggiando l'adozione di pratiche di condivisione e di modelli di "prodotto come servizio". Inoltre, questa strategia rappresenta un elemento chiave per raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica e traccia una serie di azioni e obiettivi misurabili da realizzare entro il 2035. Il 19 settembre 2022, è stato firmato il Decreto Ministeriale n. 342 [55], il quale ha reso ufficiale il cronoprogramma di attuazione delle misure prioritarie inserite nella Strategia entro il 2026, in coerenza con l'arco temporale di riferimento del PNRR.

La strategia si fonda su cinque pilastri principali che rispecchiano le caratteristiche fondanti dell'EC, come ad esempio la gerarchia dei rifiuti, modelli di business quali la responsabilità estesa del produttore e la riduzione delle emissioni inquinanti nell'atmosfera. Il primo è quello dell'eco-design, il quale si pone come obiettivo quello di promuovere e favorire l'innovazione e il processo di realizzazione di prodotti ecocompatibili, durevoli, riutilizzabili e riciclabili. Il secondo riguarda la bioeconomia come valorizzazione delle risorse biologiche in modo sostenibile al fine di promuovere la produzione di prodotti sostenibili a livello ambientale e biocarburanti. Il terzo principio è la *Blue Economy* (economia blu), la quale mira alla salvaguardia e alla promozione di risorse marine e costiere in modo circolare. Per quanto concerne le materie prime critiche, che rappresentano il quarto pilastro, l'obiettivo è volto a garantire la sicurezza e l'approvvigionamento di risorse strategiche per i settori industriali più importanti a livello economico promuovendone il riciclo e riuso laddove possibile. Infine, il pilastro del sistema di gestione dei rifiuti presuppone la volontà di ridurre la produzione di rifiuti, aumentare la raccolta differenziata e promuovere la diffusione di modelli di consumo circolare. A questi cinque pilastri si sommano poi misure trasversali che vedono tra gli obiettivi principali la riduzione pro capite del 50% sulla produzione di rifiuti urbani entro il 2030, l'aumento entro lo stesso anno del 65% del tasso di riciclo dei rifiuti urbani e il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050. Nello specifico diviene fondamentale la definizione di strategie specifiche volte alla riduzione dello spreco di risorse e ad un loro miglior efficientamento, attraverso la promozione di modelli di produzione e consumo

sostenibili. In questo contesto vengono identificati settori chiave su cui concentrare queste azioni, tra cui: l'industria manifatturiera, l'edilizia, l'agricoltura, e il settore dei rifiuti. Inoltre, per conseguire gli obiettivi preposti, la Strategia sottolinea come sia fondamentale investire su innovazione e ricerca, sviluppare e adottare corrette norme e incentivi, svolgere costanti e periodiche azioni di monitoraggio e valutazione, il tutto attraverso una sinergia tra attori pubblici e privati, governo e imprese, organizzazioni della società civile e cittadini. Dalla corretta cooperazione e sinergia tra gli attori, infatti, si determinerà una corretta riuscita dei traguardi preposti.

Quadro normativo sui rifiuti

Tra le principali leggi che regolano la gestione dei rifiuti in Italia si trova il Testo Unico Ambientale (Decreto Legislativo 152/06), il quale introduce importanti novità in termini di salvaguardia ecologica. Questo decreto legislativo ha introdotto una serie di novità nella sfera della legislazione ambientale, tra cui l'ottimizzazione della normativa ambientale esistente fino a quel momento, integrando le disposizioni e semplificando i procedimenti amministrativi in materia. La norma prevede inoltre un principio di precauzione, ossia l'adozione di misure di protezione specifiche in condizioni di rischio potenziale o incertezze per la salute o l'ambiente. Nel testo viene anche introdotto il principio della responsabilità estesa del produttore il quale, come già visto nell'introduzione, impone ai produttori di assumersi la responsabilità per i loro prodotti per il loro intero ciclo di vita, arrivando a coinvolgere anche le fasi di smaltimento e riciclo. In aggiunta, viene introdotta l'adozione di piani regionali per la gestione dei rifiuti, basati sul coordinamento dei singoli comuni. La gestione dei rifiuti viene disciplinata in modo dettagliato promuovendo la raccolta differenziata, il riciclo, il recupero energetico e il loro corretto smaltimento. Rispetto alle attività industriali e commerciali, viene delineato un sistema di autorizzazioni al fine limitare i potenziali impatti ambientali significativi, guidando tali attività verso il corretto rispetto delle condizioni o requisiti specifici. A supporto di queste misure e al fine di limitare i potenziali impatti ambientali delle attività umane sul territorio, viene richiesto di compiere preventivamente specifiche valutazioni di impatto ambientale e valutazione ambientale strategica, al fine di indagare possibili impatti a lungo termine di tali attività sull'ambiente circostante. Un altro passo importante è quello compiuto verso la tutela dell'aria e delle acque dove, al fine di controllare i limiti di inquinamento, vengono fissati limiti di emissioni e norme per il controllo dei valori. Il mancato rispetto di quanto stabilito dal decreto legislativo sottopone i trasgressori a sanzioni severe introdotte dalla medesima norma.

La dicitura di EC compare invece nella Legge n.221 del 28 dicembre 2015 [56], dal titolo *"Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali"*. Questa legge infatti definisce principi, obiettivi e strumenti per la transizione verso un'economia basata sulla riduzione, il riutilizzo, il riciclo e il recupero dei materiali, mirando a ridurre lo sfruttamento delle risorse naturali e limitando la produzione di rifiuti. Al fine di conseguire gli obiettivi preposti, la normativa introduce incentivi fiscali e agevolazioni finanziarie, favorendo al contempo il sostegno alla ricerca e all'innovazione e promuovendo un sistema di certificazione per i prodotti sostenibili. Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti, la normativa disciplina un sistema che promuova il riciclo, il recupero energetico e il corretto smaltimento, incoraggiando una corretta riduzione della produzione di rifiuti e favorendo corrette pratiche di raccolta differenziata. Il 3 settembre 2020 entra invece in vigore il Decreto Legislativo n.116 [57] che attualizza alcune direttive europee apportando modifiche significative alla gestione dei rifiuti e degli imballaggi. Le principali disposizioni del decreto riguardano l'adozione di nuove regole per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti, in linea con gli obiettivi di economia circolare e sostenibilità ambientale. In particolare, il decreto stabilisce norme per promuovere la raccolta differenziata, il riciclo, il recupero e la riduzione della produzione di rifiuti, conformemente agli standard europei. Inoltre, vengono introdotte disposizioni specifiche per migliorare la gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio, prevedendo misure per ridurre l'impatto ambientale promuovendone il riutilizzo e il riciclo. Normative più dettagliate sulla gestione e il recupero di materiali specifici sono rappresentate da alcuni Decreti Ministeriali: il n.22 del 2013 sui combustibili solidi secondari (CSS), il n.69 del 2018: conglomerati bituminosi, il n.62 del 2019

sui prodotti assorbenti per la persona (PAP), il n.78 del 2020 sulla gomma vulcanizzata derivante da pneumatici fuori uso, e il n.188 sempre del 2020 su carta e cartone.

Quadro normativo sull'edilizia

Per quanto riguarda l'efficienza energetica, il settore dell'edilizia è regolato dal Decreto Legislativo 192/2005 [58] che disciplina le prestazioni energetiche degli edifici. Questa normativa fornisce definizioni specifiche per i tipi di edifici e stabilisce l'ambito di applicazione delle disposizioni, che si applicano alle nuove costruzioni, alle ristrutturazioni importanti e all'installazione di impianti termici. Con questo decreto legislativo diviene obbligatoria l'introduzione della certificazione energetica per gli edifici, rispetto alla quale vengono stabiliti requisiti minimi che gli edifici devono rispettare per garantire un consumo sostenibile e ridurre le emissioni. Inoltre, vengono forniti suggerimenti tecnici per migliorarne l'efficienza energetica, in modo tale da valutarla più facilmente in sede di acquisto o di affitto. Vengono anche promossi impianti tecnici per gli edifici, riguardanti impianti di illuminazione, ventilazione, impianti termici, di riscaldamento e raffreddamento, derivanti da fonti energetiche rinnovabili e rispettanti specifici requisiti e disposizioni. Al fine di raggiungere gli obiettivi proposti dalla misura legislativa, vengono introdotti incentivi e agevolazioni fiscali per promuovere interventi di miglioramento ed efficientamento energetico, comprese eventuali detrazioni fiscali a supporto degli interventi di riqualificazione. L'efficienza energetica è stata ulteriormente normata dal Decreto Legislativo n.102 del 2014 [59], non solo per il settore delle costruzioni ma anche per i trasporti e per i servizi di utenza dell'energia. In questo documento viene introdotta l'obbligatorietà di elaborare piani energetici territoriali a livello regionale e locale al fine di promuovere l'efficienza energetica e l'uso delle fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda l'affidabilità dei materiali da costruzione, il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 [60] fornisce precise norme tecniche che coprono una vasta gamma di aspetti (inclusi materiali da costruzione, isolamento termico e acustico, sicurezza antisismica, impianti elettrici e idraulici ecc.) con lo scopo principale del decreto è assicurare che gli edifici siano realizzati in conformità con gli standard di sicurezza, qualità e sostenibilità previsti dalla legge, al fine di garantire la protezione della vita umana, della salute e dell'ambiente. In particolare, questo Decreto specifica anche alcuni requisiti per i materiali da costruzione riciclati. Viene indicato che per la classe di resistenza C8/10 possono essere utilizzati aggregati provenienti da demolizioni di edifici (macerie) come "inerte grosso" (diametro maggiori 4mm) fino al 100% in sostituzione al materiale vergine, mentre per classi superiori è possibile utilizzare solamente aggregati provenienti da calcestruzzo riciclato. Nello specifico, fino al 60% per calcestruzzi di classe di resistenza inferiore o uguale a C20/25, fino al 30% per classe di resistenza inferiore o uguale a C30/37 e fino al 20% per classe di resistenza inferiori o uguale a C45/55. Questi limiti sono influenzati anche dalla classe di esposizione del calcestruzzo, come indicato da altre norme tecniche che verranno trattate in seguito. Prima dell'utilizzo, questi aggregati devono rispettare alcune certificazioni comunitarie e requisiti imposti da varie norme tecniche di settore. Altri criteri relativi al calcestruzzo sono presenti nei Criteri Ambientali Minimi emessi dal Ministero dell'Ambiente, come ad esempio la richiesta della presenza del 5% di materiali riciclati nei prodotti prefabbricati in calcestruzzo negli appalti pubblici [61].

Infine, una norma recente che riguarda i rifiuti inerti da costruzione e demolizione è il Decreto Ministeriale 152/2022 [62]. In sostanza, il Decreto stabilisce le regole e le procedure che consentono ai rifiuti inerti provenienti da attività di costruzione e demolizione e da altre fonti minerarie di cessare la qualifica di "rifiuto". Ciò implica che tali materiali, una volta trattati e soddisfatti determinati requisiti, possono essere considerati come prodotti riutilizzabili anziché rifiuti. Il regolamento stabilisce criteri tecnici, standard e procedure che devono essere seguiti

per garantire che i rifiuti inerti soddisfino i requisiti stabiliti per la cessazione della qualifica di rifiuto, contribuendo così alla promozione del riciclo e del riutilizzo di materiali inerti e alla riduzione complessiva dei rifiuti.

5.3 Strategie e normative sull'economia circolare: la Provincia Autonoma di Bolzano

La gestione dei rifiuti

Le strategie della RIS3 e del Piano Clima 2040 rappresentano delle azioni intraprese di recente dalla PAB e integrano in modo sostanziale i concetti dell'EC all'interno della più ampia strategia di sostenibilità EFF. A livello normativo, la PAB non prevede leggi che contengano esplicitamente una terminologia legata alla circolarità, pertanto la legislazione attuale che regola gli aspetti più vicini ai contenuti dell'EC si deve rintracciare principalmente all'interno del Piano di Gestione dei Rifiuti. Questo piano contiene indicazioni specifiche sulla raccolta e lo smaltimento dei rifiuti in un'ottica di tutela ambientale, e che è stato aggiornato nel corso degli anni affinché fosse reso gradualmente più idoneo alla promozione del riciclo e del recupero dei materiali. In particolare, il piano fissa gli obiettivi e le modalità per la promozione della raccolta differenziata, l'implementazione di trattamenti avanzati dei rifiuti a seconda delle loro tipologie e delle modalità di smaltimento, l'educazione ambientale e la sensibilizzazione della popolazione, nonché l'adozione di incentivi economici per incoraggiare pratiche sostenibili. Successivamente all'approvazione del piano e al suo finanziamento da parte della Giunta Provinciale sono state poste le basi per la costruzione di diversi centri di riciclo, compostaggio e gestione di rifiuti, nonché di quattro discariche e un termovalorizzatore. La prima versione del Piano fu approvato nel 1993 e successivamente modificata dalla Delibera n.285 della Giunta Provinciale del 1 febbraio 1999 [63], prima di avere degli importanti aggiornamenti nel 2005 (Delibera della Giunta Provinciale n.2594 del 18 luglio 2005 [64]) per quanto riguarda la gestione dei rifiuti urbani fino al 2030 con indicazioni sui bacini di utenza (come gli obiettivi di raccolta differenziata a livello comprensoriale) e dei singoli impianti necessari, e nel 2016 (Delibera della Giunta provinciale n.1431 del 20 dicembre 2016 [65]) per la riduzione dei rifiuti domestici e la raccolta e il recupero di quelli organici, mentre nel 2017 è stato approvato il piano sui rifiuti speciali tramite la deliberazione della Giunta Provinciale n.1028 del 26 settembre 2017 [66]. L'aggiornamento più recente del Piano è avvenuto nel 2021 con la Delibera della Giunta Provinciale n.1139 del 28 dicembre 2021 [67]. Le integrazioni di questi anni sono state fondamentali per aggiornare la normativa provinciale ed allinearla con gli sforzi ecologici e di implementazione di circolarità della legislazione europea e nazionale. In particolare, nel Piano si sottolinea l'importanza delle valutazioni periodiche dei piani di gestione dei rifiuti come disposto dalla Direttiva Quadro sui Rifiuti dell'UE.

Un'ulteriore normativa provinciale di rilievo è la Legge Provinciale n.4 del 26 maggio 2006 [68] sulla gestione dei rifiuti e la tutela del suolo (all'interno del titolo XXIV della Normativa Provinciale "Tutela del paesaggio e dell'ambiente", sezione A "Inquinamento del suolo e smaltimento dei rifiuti) poiché si concentra su tematiche molto affini al concetto di circolarità. Ad esempio, l'articolo 2 afferma come *"La gestione dei rifiuti deve essere attuata secondo il principio di prevenzione e della sostenibilità attraverso l'utilizzo di forme idonee di produzione, di trattamento, di elaborazione e di distribuzione, attraverso lo sviluppo di tipi e forme idonee*

di prodotti e attraverso un comportamento da parte del consumatore finale diretto alla costante diminuzione di rifiuti per arrivare a una riduzione delle quantità e degli inquinanti dei rifiuti e alla salvaguardia delle risorse". L'articolo 5 della stessa legge indica come l'Agenzia Provinciale per l'Ambiente possa stabilire *"i metodi di recupero dei rifiuti utilizzati per ottenere materia prima secondaria, combustibili e prodotti"* indicando anche come *"la normativa sui rifiuti si applica fino al completamento delle operazioni di recupero autorizzate (...), che si realizza quando non sono necessari ulteriori trattamenti perché le sostanze, i materiali e gli oggetti ottenuti possano essere usati in un processo industriale o commercializzati come materia prima secondaria, combustibile o come prodotto, a condizione che il detentore non se ne disfi, non abbia l'intenzione o non abbia l'obbligo di disfarsene"*. Infine, l'articolo 31 stabilisce che la Giunta provinciale può stipulare accordi di programma con enti, imprese o associazioni di categoria per attuare piani di settore sui rifiuti, includendo agevolazioni amministrative. Gli accordi regolano la raccolta, il trasporto, la commercializzazione e il controllo dei rifiuti, garantendo la loro tracciabilità fino all'uso finale. Ulteriori indicazioni sono riscontrabili nella Delibera della Giunta Provinciale n.513 del 14 luglio 2020 [69] riguardo la creazione di linee guida tecniche per la realizzazione e la gestione dei centri di raccolta dei rifiuti. In particolare, l'articolo 15 garantisce la possibilità di riutilizzo di alcuni beni all'interno dei centri di raccolta tramite l'individuazione di appositi spazi per: (a) l'esposizione temporanea degli stessi finalizzata allo scambio tra privati; (b) la preparazione per l'utilizzo e la raccolta di beni riutilizzabili; (c) la prevenzione della produzione di rifiuti, con l'obiettivo di consentire la raccolta di beni da destinare al riutilizzo.

I rifiuti nel settore edile

Il settore dell'edilizia in Alto Adige è regolamentato a livello di gestione dei rifiuti, specialmente quelli da C&D, da una serie di normative specifiche. Un esempio di questi è il Decreto n. 69 del Presidente della Giunta Provinciale del 16 dicembre 1999 [70] dal titolo "Regolamento relativo al recupero di materiali da costruzione e demolizione e per la qualità dei materiali edili riciclati". Gli obiettivi principali del regolamento includono la promozione del riciclo dei materiali edili, la riduzione dei rifiuti destinati alla discarica, il miglioramento dell'efficienza nell'uso delle risorse e la tutela dell'ambiente, attraverso delle procedure e delle modalità di recupero degli stessi che includono anche norme tecniche, requisiti di qualità e procedure di monitoraggio. Ad esempio, vengono valutate la composizione chimica, la resistenza meccanica, la durabilità e altri parametri rilevanti dei materiali per garantirne la sicurezza e l'affidabilità in fase di eventuale riciclo. Il decreto stabilisce anche le responsabilità degli attori/attrici coinvolti, inclusi produttori, trasportatori e gestori degli impianti di riciclo, attraverso la definizione di procedure di ispezione, di monitoraggio e di sanzioni pecuniarie in caso di violazione. Una Delibera più recente che va maggiormente nel dettaglio relativamente alle specificità tecniche da considerare per i rifiuti C&D è la Delibera della giunta provinciale (DGP) n. 398/2017 [71], la quale propone delle linee guida sulla qualità e sull'utilizzo dei materiali riciclati. Nella PAB i campi di applicazione degli aggregati riciclati definiti dalla Delibera includono: (i) applicazioni civili non edili, (ii) costruzioni stradali, (iii) costruzioni di discariche e (iv) opere edili. Questo documento ha lo scopo di delineare le caratteristiche di qualità richieste ai materiali edili riciclati (provenienti da materiale di costruzione o demolizione) sotto il profilo della compatibilità ambientale e delle pratiche edilizie. Si stabilisce che tali materiali devono essere impiegati in modo ottimale e conformemente a standard di qualità uniformi, rispettando gli stessi standard richiesti per le materie prime edilizie

convenzionali. In aggiunta, le imprese responsabili del riciclo devono condurre un proprio controllo sulla qualità e l'eco-compatibilità dei materiali riciclati, includendo informazioni sulla loro provenienza, lavorazione, esami condotti, nonché misure correttive per eventuali difetti. Il materiale edile riciclato viene riconosciuto nelle seguenti tre forme: granulato di asfalto riciclato (ottenuto dal riciclo dell'asfalto da demolizione o risanamento stradale), granulato di calcestruzzo riciclato (ottenuto dal riciclo del calcestruzzo proveniente da opere edili civili e non edili) e granulato misto riciclato (ottenuto dal riciclo dei materiali provenienti da opere civili edili e non edili che prevede l'accorpamento in un'unica frazione mista insieme ad altri materiali come pietre naturali e malta). Un provvedimento simile è rappresentato dalla Delibera Provinciale del 27/09/2016, n.1030 [72], in cui si evidenziano cinque campi di applicazione dove utilizzare il materiale edile riciclato (applicazioni civili non edili, costruzioni stradali, costruzioni di discariche, opere edili, industria dei materiali da costruzione) e cinque relativi tipi di opere: lavori di nuova costruzione o manutenzione del corpo stradale (pavimentazione flessibile a diversi livelli di rigidità, attraverso miglioramenti del sottofondo e degli strati di fondazione), interventi per la realizzazione o manutenzione di opere strutturali edili in generale (in particolare, il granulato di calcestruzzo viene utilizzato a seconda di specifiche classi di esposizione), recuperi ambientali, opere di mitigazione di pericoli idrogeologici (riempimenti, drenaggi, sistemi di protezione da frane e stabilizzazione di pendii) e fabbricazione di mattoni in calcestruzzo e pietre artificiali. Le linee guida presenti in questo documento stabiliscono il quantitativo massimo consentito di sostituzione di aggregati naturali mediante aggregati riciclati, contemplando principalmente utilizzi di misti granulari con materiali riciclati in corpi e pavimentazioni stradali, riempimenti di scavi e nel calcestruzzo. Inoltre, vengono definite le tre categorie di materiali (scavi, demolizioni stradali, materiali da costruzione e demolizione) e la loro classificazione secondo i Codici Europei dei Rifiuti. È da sottolineare che, secondo le norme provinciali, i materiali organici come il legno non sono considerati materiali edili riciclati. Tuttavia, le imprese possono richiedere autorizzazioni per il trattamento e il riciclo di specifici materiali, inclusi rifiuti speciali e pericolosi, previa approvazione dall'Ufficio gestione rifiuti dell'Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima. Infine, la Legge Provinciale n.9 del 10 luglio 2018 [73] sulla tutela del territorio e del paesaggio contiene alcuni spunti di rilievo per integrare nuove disposizioni per l'EC in Alto Adige, specialmente per quanto riguarda la ristrutturazione degli edifici e i requisiti di efficienza energetica. Ad esempio, l'articolo 2 specifica che la legge garantisce la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente e la promozione della qualità dell'insediamento, l'impiego efficiente delle aree già urbanizzate e la limitazione del consumo di suolo e di energia, con l'incoraggiamento dell'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. L'articolo 17 comma 6c invece stabilisce i criteri applicativi per incentivare la rigenerazione urbana e gli interventi di ristrutturazione urbanistica e il rinnovo edilizio, anche aumentandone l'efficienza energetica e la qualità architettonica. La possibilità dei comuni nel reinvestire in attività di rigenerazione e riuso edilizio è invece garantita dall'articolo 19 comma 7 grazie ai proventi derivanti dal recupero di una parte dell'aumento del valore di mercato generato dagli immobili interessati da questa legge (plusvalore di pianificazione). In conclusione, all'articolo 21 comma 3c si riscontra l'importanza di *“definire le caratteristiche tecniche e i provvedimenti di certificazione e monitoraggio in riferimento alla prestazione energetica nell'edilizia e alla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, nonché per attuare le relative direttive europee (...)”*. Per questo motivo *“sono previsti anche incentivi urbanistici consistenti in possibilità edificatorie aggiuntive non soltanto al fine di soddisfare le prestazioni minime, ma anche per*

raggiungere prestazioni superiori, sia in caso di recupero energetico attraverso interventi sul patrimonio edilizio esistente, sia in caso di nuove costruzioni”.

CasaClima: Il Sistema di Certificazione Energetica dell'Alto Adige

Il metodo di certificazione energetica "CasaClima" rappresenta una pietra miliare nell'ambito della sostenibilità abitativa e dell'efficienza energetica, soprattutto nel territorio della PAB. Fondato nel 2002, CasaClima è stato sviluppato dall'Agenzia CasaClima, un'organizzazione pubblica che ha lo scopo di promuovere edifici ad alta efficienza energetica e a basso impatto ambientale. Il sistema CasaClima è stato implementato come risposta alla crescente consapevolezza riguardo alla necessità di ridurre il consumo energetico degli edifici e le relative emissioni di gas serra. Infatti, l'obiettivo di CasaClima è la riduzione del fabbisogno energetico da fonti fossili associato agli edifici residenziali tramite una migliore coibentazione degli edifici e l'aumento delle quote di energia rinnovabile (ad esempio, l'energia solare), contribuendo così alla mitigazione degli effetti del cambiamento climatico [74]. Il sistema di certificazione energetica prevede la divisione, tra le altre, in CasaClima Oro, CasaClima A, CasaClima B, e CasaClima C. Per "classe A" si intende un fabbisogno energetico inferiore a 30 kWh/m²a, per la classe B inferiore ai 50 kWh/m²a e per la classe C inferiore ai 70 kWh/m²a. Esistono anche classi D - G per gli edifici esistenti più vecchi. La classe Oro rappresenta la certificazione per gli edifici più energeticamente efficienti, con un valore inferiore ai 10 kWh/m²a [75].

Tra i requisiti tecnici fondamentali del metodo CasaClima vi è l'attenzione alla progettazione bioclimatica, che mira a massimizzare l'utilizzo delle risorse naturali, come il sole e il vento, per ridurre al minimo il consumo di energia per il riscaldamento, il raffreddamento e l'illuminazione degli edifici. Inoltre, vengono stabiliti criteri rigorosi per l'isolamento termico dell'involucro edilizio, l'efficienza degli impianti di riscaldamento e raffreddamento, nonché l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, come il solare termico e fotovoltaico. In particolare, l'efficienza degli involucri esprime la qualità energetica degli aspetti progettuali che minimizzano lo spreco energetico, valutandone la qualità complessiva e delle scelte impiantistiche. Gli edifici certificati CasaClima devono rispettare determinati valori limite per il consumo energetico e devono essere dotati di impianti ad alta efficienza, come pompe di calore, pannelli solari termici e fotovoltaici, e sistemi di ventilazione meccanica controllata. Per ottenere la certificazione CasaClima, è necessario superare una serie di controlli e verifiche da parte di esperti qualificati attraverso un'analisi dettagliata delle prestazioni energetiche dell'edificio, che tiene conto di fattori come l'isolamento termico, l'orientamento, la compattazione, e l'efficienza degli impianti. Inoltre, è richiesta la compilazione di una documentazione tecnica completa che attesti il rispetto dei requisiti previsti dal sistema CasaClima, tra cui figura l'ecocompatibilità dell'edificio, premiando le scelte di materiali e sistemi a basso impiego di energia, non dannosi alla salute ed a basso impatto ambientale. A livello normativo, il metodo CasaClima si basa su una serie di direttive e regolamenti che stabiliscono i requisiti tecnici e prestazionali per ottenere la certificazione. Questi standard sono stati elaborati in linea con le direttive europee sull'efficienza energetica degli edifici, in particolare con la Direttiva del Parlamento Europeo numero 31 del 2010 [52], e sono periodicamente aggiornati per tener conto dei progressi tecnologici e delle migliori pratiche nel settore dell'edilizia sostenibile. Tra le normative regionali principali è importante menzionare il Decreto del Presidente della Provincia numero 16 del 20 aprile 2020 [76]. Tramite questo decreto vengono attuate le principali normative europee sul tema dell'efficienza energetica degli edifici e vengono definite caratteristiche tecniche specifiche, come ad esempio: i requisiti minimi di prestazione energetica dei vecchi e nuovi edifici e le

metodologie per il loro calcolo, l'implementazione di sistemi di ispezione e di controllo, e l'utilizzo di energia rinnovabile negli edifici. Inoltre, gli articoli 6 e 7 trattano dei criteri e delle procedure di certificazione energetica degli edifici facendo esplicito riferimento al sistema "CasaClima". L'articolo 6 specifica come il certificato CasaClima sia richiesto per tutti gli edifici di nuova costruzione e per tutti gli edifici sottoposti a ristrutturazione importante e che deve essere rilasciato dall'Agenzia per l'Energia Alto Adige – CasaClima. Inoltre, il committente deve dichiarare all'autorità competente in materia di edilizia che i documenti per il calcolo della prestazione energetica saranno trasmessi prima dell'inizio lavori alla stessa Agenzia. Una volta pervenuti tutti documenti necessari, il certificato CasaClima verrà rilasciato entro 60 giorni dalla ricezione della dichiarazione di fine lavori, che deve essere presentata dal committente. Infine, l'articolo 7 mette in evidenza come il certificato CasaClima rilasciato per l'intero edificio sia valido anche per le singole unità abitative facenti parte dello stesso edificio per una durata di dieci anni dalla data di emissione; il certificato deve essere aggiornato ad ogni intervento che modifichi significativamente le prestazioni energetiche.

Dal punto di vista dell'economia circolare, il metodo CasaClima offre molteplici opportunità per promuovere la sostenibilità e la riduzione dell'impatto ambientale degli edifici in Alto Adige. Ad esempio, incoraggiando l'uso di materiali da costruzione riciclati o a basso impatto ambientale, come il legno proveniente da foreste gestite in modo sostenibile o i materiali isolanti ecologici, CasaClima contribuisce a ridurre l'estrazione di risorse naturali e la produzione di rifiuti edili. Inoltre, la promozione dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili favorisce la riduzione delle emissioni di gas serra e l'utilizzo responsabile delle risorse energetiche disponibili. Nei primi 10 anni (2002-2012) di implementazione del modello, quasi 6 000 edifici sono stati certificati nella PAB, di cui il 55% di nuova costruzione e il 45% di retrofit [77]. Il progetto di ricerca "Recupero dei materiali di demolizione di CasaClima", realizzato dall'*Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg* (IFEU), su incarico dell'Agenzia per l'ambiente della PAB (2007-2013) ha contabilizzato i flussi di materiali associati ai retrofit energetici di CasaClima e la valutazione delle pratiche di recupero e gestione dei rifiuti C&D. L'analisi mostra il tipo di materiali più comunemente usati nelle attività di costruzione CasaClima (che segue standard più elevati rispetto alla costruzione tipica o convenzionale), rivelando un grande potenziale per aumentare l'uso di bio-prodotti e migliorare la progettazione, così come le attività C&D verso la circolarità. La quota dei materiali isolanti era del 24% per il polistirene espanso (EPS) e 11% per il polistirolo, mentre i pannelli in fibra di legno rappresentavano circa il 20% e il sughero il 5% [78].

In conclusione, il metodo di certificazione energetica CasaClima rappresenta un importante strumento per promuovere la sostenibilità e l'efficienza energetica degli edifici in Alto Adige. Attraverso una combinazione di standard tecnici rigorosi, formazione e sensibilizzazione del pubblico, CasaClima contribuisce a creare una cultura dell'edilizia sostenibile e a ridurre l'impatto ambientale dell'ambiente costruito.

6. Analisi SWOT

Il contesto dell'Alto Adige mostra un grande potenziale per l'implementazione di strategie di circolarità nel settore delle costruzioni, sia dal punto di vista politico-normativo che da quello tecnico-economico. Tuttavia, queste opportunità non sono ancora pienamente sfruttate a causa della mancanza di informazioni chiare che permettano di avere un quadro più ampio di come vengano usati i materiali nel settore edile locale e di quale siano i loro limiti e i loro vantaggi. Queste informazioni possono tuttavia essere ricavate tramite un confronto strutturato con gli esperti del settore che permetta uno scambio di conoscenze e prospettive: in questo modo è possibile unire in maniera sistematica gli elementi attualmente esistenti ma spesso non pienamente a disposizione dei decisori politici. Di conseguenza, attraverso alcune interviste mirate con professionisti, esperti e imprenditori/imprenditrici del settore delle costruzioni, è stata stilata un'analisi SWOT: si tratta di una metodologia quantitativa che prende in considerazione punti di forza, debolezza, opportunità e minacce, in questo caso dei singoli materiali impiegati nell'edilizia. Questa metodologia SWOT è stata ampiamente adottata non solo per la valutazione delle prestazioni di singole imprese e mercati [79], ma anche nella ricerca per quanto riguarda l'EC [80], [81], [82]. L'analisi SWOT traccia un quadro chiaro dei fattori trainanti (punti di forza e opportunità) e delle potenziali barriere (debolezze e minacce) per aumentare la consapevolezza su come sfruttare i primi e minimizzare le seconde [83]. I punti di forza e di debolezza sono fattori interni, mentre le opportunità e le minacce sono fattori esterni. In questo caso specifico, i fattori interni dipendono dai materiali stessi, e quindi dalle loro caratteristiche (siano esse positive o negative) in termini di riutilizzabilità e riciclabilità. I fattori esterni, invece, sono condizioni create dall'ambiente, in questo caso dai legislatori e da altri stakeholder, che hanno un impatto deleterio o benefico sulla riutilizzabilità e riciclabilità più efficiente di un materiale in relazione all'economia circolare.

Per quanto riguarda la circolarità nel settore edile, l'analisi SWOT consente di interpretare il modo in cui i driver possono superare le barriere e, quindi, l'interconnessione dei vari fattori che influenzano la diffusione delle pratiche di riciclo e riutilizzo dei materiali [84], [85], in modo tale da avere una base per la definizione di misure concrete e strategie di policy efficaci per raggiungere questo obiettivo [86], [87]. Inoltre, questo tipo di analisi fornisce informazioni utili su come valutare e affrontare una strategia di implementazione della circolarità in edilizia in varie fasi del ciclo di vita di un edificio e dei materiali che lo compongono [88].

6.1 Legno

Da decenni il legno è una componente importante dei progetti edilizi, in quanto offre una serie di proprietà architettoniche che vanno dalla stabilità strutturale, all'isolamento termico e all'estetica. Grazie alla sua versatilità e alla sua natura rinnovabile, il legno è diventato una risorsa sempre più popolare alla luce dei recenti sforzi nelle tecniche di costruzione sostenibili e rispettose dell'ambiente [89]. Tuttavia, come altri materiali da costruzione, il legno presenta punti di forza e di debolezza, opportunità e rischi. Questa analisi SWOT mette quindi in evidenza le potenzialità e gli ostacoli del legno nell'industria delle costruzioni di oggi.

Punti di forza

Il legno è un materiale da costruzione indispensabile in Alto Adige da generazioni e negli ultimi anni è diventato sempre più importante grazie alla sua sostenibilità e ai suoi vantaggi ambientali. L'ampio utilizzo dei sottoprodotti delle segherie e della lavorazione del legno a fini energetici massimizza l'efficienza delle risorse, sostenendo l'economia circolare. Inoltre, l'uso del legno nell'edilizia è associato a minori emissioni di gas a effetto serra [90], in quanto il legno è un materiale che sequestra il carbonio, cioè immagazzina l'anidride carbonica atmosferica (in quanto il carbonio rimane legato alla struttura del legno), attenuando gli effetti del cambiamento climatico e sostituendo materiali da costruzione meno rispettosi del clima. Il legno ha da tempo un vantaggio competitivo nel settore delle costruzioni, soprattutto quando si tratta di creare edifici più efficienti dal punto di vista energetico. Inoltre, grazie al suo peso specifico inferiore rispetto al calcestruzzo, il legno è più adatto all'infoltimento delle aree urbane o all'aggiunta di piani agli edifici per motivi strutturali. Tuttavia, la sua efficacia nel garantire queste proprietà dipende più dalla fase di pianificazione e progettazione che dalle proprietà naturali del legno stesso. Ciò sottolinea l'importanza di creare progetti architettonici e tecnici ben studiati che massimizzino l'uso del legno e sfruttino le sue qualità intrinseche, come la resistenza strutturale, l'isolamento termico e acustico, e i vantaggi della "prefabbricazione in legno" come, ad esempio, la riduzione della durata dei cantieri urbani. Inoltre, esiste una tendenza crescente verso l'uso sostenibile del legno nell'edilizia, che si riflette nell'uso di sottoprodotti del legno come la cellulosa e le fibre di legno per l'isolamento [81]. Ciò migliora il bilancio ecologico degli elementi in legno nel settore delle costruzioni e allo stesso tempo aumenta l'efficienza energetica complessiva di un edificio [91]. Un altro fattore importante che rende il legno un materiale da costruzione interessante è la sua durata. Infatti, grazie all'estensione del suo ciclo di vita, il consumo di materiale può essere ridotto in modo significativo, portando a un'industria edilizia più sostenibile ed efficiente dal punto di vista delle risorse, nonché più rispettosa del clima.

Punti di debolezza

Un aspetto negativo del legno nelle costruzioni è il problema delle conformità tecniche: se il legno è già stato utilizzato, accade spesso che, una volta riciclato, non può essere certificato per il riutilizzo in un nuovo edificio a causa di motivi legali e di sicurezza. Questo perché proprietà come la resistenza o la trasmittanza termica possono essere diverse per un prodotto in legno riciclato rispetto al prodotto originale. Ciò significa che gli elevati requisiti di certificazione e il rispetto degli standard vigenti per i materiali da costruzione rendono difficile il riutilizzo dei materiali secondari riciclati nel settore edile. Un altro problema è l'estrema difficoltà nell'ottenere dati sui flussi di legno in Alto Adige, e ciò complica la possibilità di stimare potenziale di mercato del legno riciclato; ad oggi, infatti, non è chiaro quanto legno da

demolizione venga utilizzato in Alto Adige, e questo rende da un lato difficile la compilazione di statistiche e strategie per il futuro, dall'altro le aziende non sono in grado di fornire le risorse e le informazioni che sarebbero necessarie per reintrodurre sul mercato il legno come materia prima secondaria. In aggiunta, l'Alto Adige non è attualmente competitivo a causa dell'indisponibilità di una massa critica minima di legname (specialmente legno da demolizione): questo elemento, insieme al fatto che l'industria del legno è generalmente caratterizzata da elevati costi di lavorazione [92], non permette la creazione di un mercato più ampio e meglio strutturato, il quale necessiterebbe anche di grandi strutture per lo stoccaggio e la lavorazione del legno residuo e da demolizione. In assenza di un modello commerciale di ampio respiro per la lavorazione o il riutilizzo dei residui di segheria o del legno di scarto, questi materiali finiscono in impianti di lavorazione oltre il confine della regione Trentino-Alto Adige dove vengono ritrattati come pannelli di legno o materiale isolante per un secondo ciclo di vita. Nemmeno il trasporto degli scarti dell'industria di lavorazione del legno è efficiente, poiché il basso peso specifico rispetto al grande volume del prodotto lo rende redditizio solo su brevi distanze. Ulteriori ostacoli legati a problemi tecnici derivano, ad esempio, dalla combinazione del legno con altri materiali - in particolare sostanze chimiche, adesivi e metalli - che, a causa della loro composizione, rendono difficile sia la selezione che l'utilizzo del legno riciclato come combustibile per il teleriscaldamento. Ciò significa che una parte significativa del legno proveniente dal settore edile non può essere riciclato, poiché è già stato contaminato con misure di trattamento chimico fin dal suo uso primario. Esistono anche questioni tecniche in termini di costi, qualità e prestazioni, in quanto il legno non è sempre il materiale più appropriato: ad esempio, non è adatto ad ambienti in cui sono richiesti alti livelli di illuminazione (come nei magazzini industriali). L'uso più comune del legno come materiale secondario è attualmente quello dei trucioli di legno per il riscaldamento e non come materia prima secondaria in edilizia (contrariamente a quanto avviene con il calcestruzzo riciclato).

Opportunità

Il legno ha il vantaggio, rispetto ad altri materiali da costruzione, di essere più leggero e di avere più versatilità di utilizzo per scopi specifici, come ad esempio in piani superiori o in aggiunta a nuove parti di edifici esistenti dove un peso eccessivo potrebbe creare dei problemi strutturali. Inoltre, esiste la possibilità di utilizzare il legno per costruzioni modulari [93], [94], sebbene ciò non possa avvenire in modo standardizzato dato l'elevato grado di personalizzazione degli edifici (specialmente quelli ad uso privato e residenziale) e dei requisiti legali in termini di cubatura. La costruzione di edifici modulari in legno sarebbe attuabile solo per strutture standard come scuole, asili e residenze per studenti. Esiste poi il potenziale per il riutilizzo del legno da costruzione per la produzione di mobili e arredi, ma questo tipo di utilizzo del legno di scarto è ancora un mercato di nicchia.

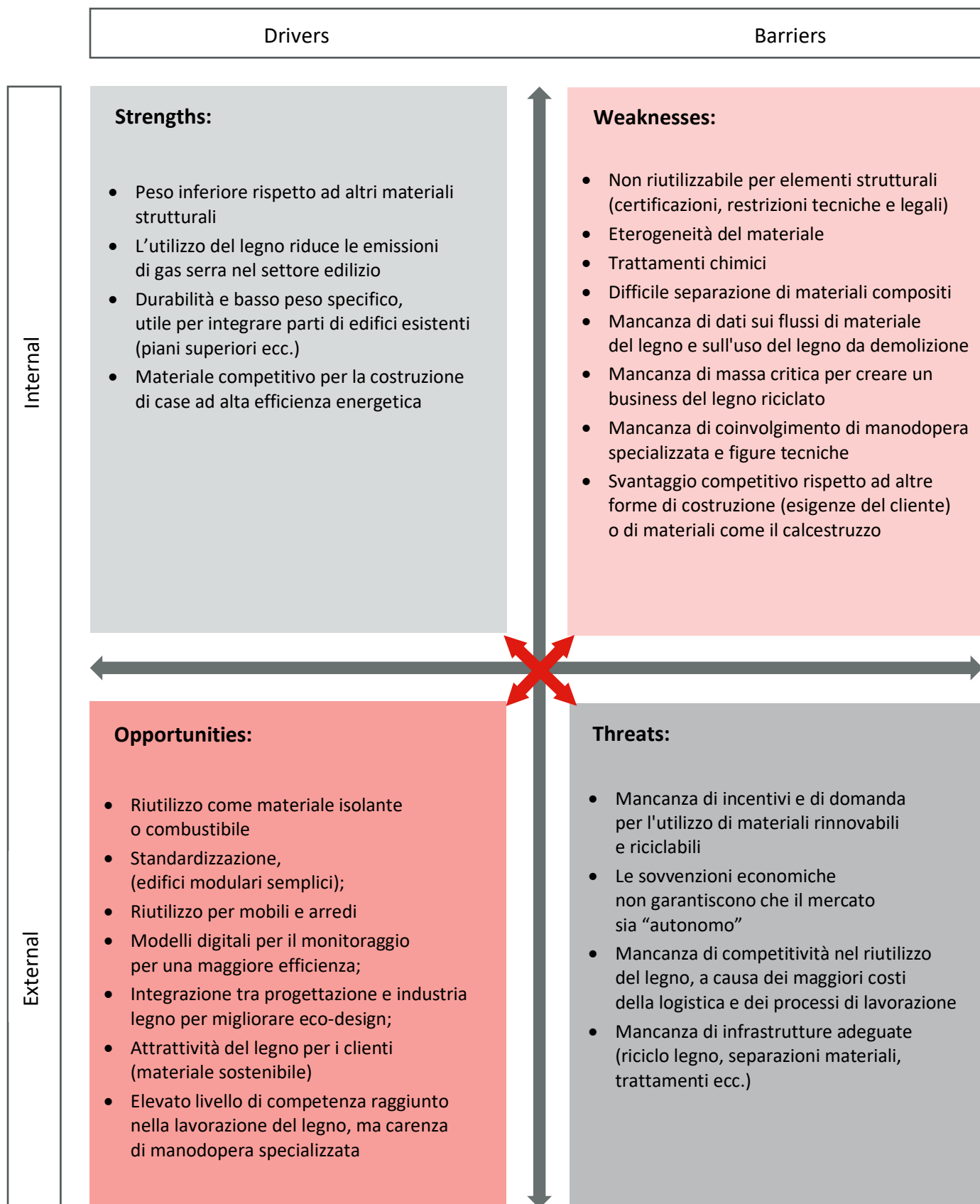
Maggiori investimenti nello studio della combinazione dei materiali nell'edilizia potrebbero essere positivi per aumentare la circolarità, il riutilizzo e il riciclo del legno, ma ciò deve poter avvenire di pari passo non solo con una progettazione che ne preveda la separazione in modo facilitato, ma anche con un coinvolgimento integrato di progettisti, architetti e tecnici con le conoscenze adeguate del materiale lungo tutte le fasi del suo impiego (dall'estrazione allo smantellamento). Se i professionisti del campo della progettazione e i fornitori di servizi si adattassero meglio ai requisiti dell'economia circolare e alle specifiche dell'*eco-design*, ciò rappresenterebbe un'opportunità per l'uso diversificato dei materiali in legno (come il legno secondario da demolizione, i materiali in legno primario e i materiali in legno combinati con una varietà di altri materiali). Oltre ad eventuali incentivi economici, una partecipazione più

diffusa da parte di aziende ed esperti potrebbe essere incoraggiata anche da una regolamentazione che favorisca collaborazioni e scambio di conoscenze tra gli attori del settore edile e l'industria del legno.

Per l'Alto Adige, la creazione di industrie circolari del legno nel settore delle costruzioni può rappresentare un'opportunità dato che la maggior parte delle aziende sono di piccole dimensioni e possono quindi specializzarsi meglio in questo settore. Un vantaggio da considerare è anche l'attrattiva per i clienti che scelgono sempre di più il legno come materiale da costruzione sia per motivi estetici sia per il suo basso impatto ambientale [95]. In aggiunta, molte aziende locali hanno mostrato una comprovata capacità ed esperienza nelle attività edili in legno, come si vede nei loro progetti di costruzione all'estero. Infine, alcuni modelli digitali già in uso presso molte aziende altoatesine sono utili per una maggiore efficienza nel settore per monitorare l'uso dei materiali: un esempio è rappresentato dal *Building Information Modelling* (BIM), ovvero una metodologia per la generazione di un modello digitale che può contenere le informazioni sull'intero ciclo di vita della costruzione (dal progetto iniziale fino alla demolizione). Questa metodologia è già stata utilizzata per studi relativi all'impiego del legno in edilizia [96].

Rischi

Come già anticipato, un rischio importante per il legno nel settore delle costruzioni è la sua mancanza di competitività rispetto ad altri materiali e opere, così come una serie di ostacoli alla fattibilità economica della promozione di un'economia circolare del legno, specialmente per gli alti costi che molte piccole e medie imprese si troverebbero ad affrontare. In primo luogo, la lavorazione è ad alta intensità di manodopera, in particolare le fasi di selezione, smistamento e trattamento per i prodotti chimici e i materiali applicati come colle e vernici. In aggiunta, a livello di logistica l'Alto Adige soffre la mancanza di infrastrutture per la raccolta e la lavorazione del legno residuo e da demolizione, dovendo anche tenere conto dei costi di trasporto. In quest'ottica, esiste un dibattito sull'eventualità di introdurre sovvenzioni e supporti economici pubblici per aumentare la circolarità del legno: se da un lato tali misure possono essere utili durante le fasi iniziali di una transizione verso l'EC, una strategia a lungo termine deve permettere la formazione di un mercato per il riciclo e il riutilizzo del legno.



Matchmaking

Le maggiori criticità relative all'aumento della circolarità del legno in edilizia in Alto Adige si rilevano nella fattibilità economica, infrastrutturale e tecnica dell'impiego in questo materiale, oltre che nella mancanza attuale di informazioni e dati che possano permettere uno scambio di conoscenze e di competenze esistenti nel territorio. Tuttavia, sono anche emerse delle possibilità concrete per migliorare la situazione attuale attraverso dei vantaggi e delle occasioni che si possono prospettare grazie a dei fattori come le caratteristiche tecniche del legno e i processi di digitalizzazione. A partire da quanto emerso dall'analisi SWOT, come descritto nella seguente tabella, i punti deboli più significativi della circolarità del legno vengono accoppiati con le opportunità e ai punti di forza del materiale stesso. L'obiettivo di questo approccio è la comprensione di come minimizzare gli aspetti più critici e problematici attraverso l'applicazione dei vantaggi che si sono riscontrati nel confronto con esperti e attori del settore.

Punto debole esistente	Opportunità per superare il punto debole
Attualmente si assiste ad una mancanza di dati sui flussi di legno e sul legno da demolizione.	Gli strumenti digitali (ad esempio, BIM) possono aiutare a stimare e a modellare le quantità di legno in edilizia, oltre che alla domanda e all'offerta del materiale.
Non esiste in Alto Adige una massa critica di legno riciclato sufficiente per la creazione di un mercato competitivo.	L'attrattività del legno come materiale sostenibile, soprattutto da parte dei consumatori, può essere sfruttata e incentivata per ampliare la domanda di materiale riciclato.
	L'incremento di costruzioni standardizzate, ad esempio asili nido o edifici pubblici, edificate con moduli e pannelli di legno riciclato potrebbe generare un aumento della domanda di questo materiale.
	Investire in progettazioni innovative e che permettano uno smontaggio più efficiente secondo il modello dell' <i>eco-design</i> può sia facilitare l'aumento della domanda di legno riciclato, che garantire una maggiore facilità di smaltimento e riutilizzo dei materiali in legno.
Si riscontra la difficoltà nello smaltimento e nella separazione del legno trattato e combinato con altri materiali, sia a livello tecnico che per gli alti costi di lavorazione.	
Le differenze tecniche derivanti dalle diverse tipologie di legno non garantiscono che questo materiale sia sempre appropriato in edilizia.	Oltre a considerare le esigenze specifiche per il tipo di costruzione e il conseguente tipo di legno più adatto, è possibile sfruttare il basso peso specifico che il legno possiede per progetti di edilizia urbana che

	prevedono l'integrazione di edifici già esistenti senza gravare a livello strutturale (ad esempio nell'ampliamento di piani superiori).
	Nel caso l'utilizzo del legno in edilizia non sia possibile, si potrebbero sfruttare e ampliare gli usi consolidati del legno di scarto ovvero per finalità di isolamento acustico (pannelli), per l'uso energetico (teleriscaldamento) e nei mercati di nicchia (mobili e arredamenti).

Sebbene sia importante capire come sfruttare le opportunità del legno in edilizia per far fronte ai principali problemi emersi nell'analisi SWOT, è tuttavia cruciale considerare alcuni punti critici che devono essere discussi e integrati a livello di *policy* per migliorare la circolarità di questo materiale.

Il riutilizzo degli scarti di lavorazione del legno, così come il legno derivante da attività di demolizione, è problematico per via delle diverse categorie in cui rientra questo materiale, a seconda del suo trattamento, ad esempio vernici, impregnanti, colle, ecc. In Italia si distinguono in totale dieci categorie per il conferimento presso i centri di riciclo dei materiali legnosi: tre di queste sono autorizzate per la termovalorizzazione, sei categorie riguardano il legno che può essere riciclato, mentre la restante parte è da conferirsi in discarica [97]. Oltre alla difficoltà di isolare il più possibile la frazione legnosa all'interno dei materiali derivanti da demolizione, si aggiunge la difficoltà di separare ulteriormente il legno nelle diverse categorie previste dalla legge.

La termovalorizzazione del legno è un esempio di *downcycling*, in quanto il materiale esce dalla catena del valore. Esso è da preferirsi rispetto al conferimento in discarica, ma in un'ottica di economia circolare, la soluzione ottimale è il riutilizzo e il riciclo della maggior quantità possibile di materiale. Ciò richiede investimenti in un sistema di infrastrutture che consenta la lavorazione, il riciclo, il trattamento e lo smantellamento dei prodotti in legno. Per permettere la valutazione di tali investimenti è necessaria la collaborazione tra istituzioni provinciali e aziende, per garantire maggiore accessibilità ai dati e alle informazioni ed ottenere un miglior tracciamento dei flussi del legno in Alto Adige, sia come materia prima che come materiale riciclato.

Infine, è fondamentale trarre vantaggio dalle competenze e dal know-how di alto livello per quanto riguarda la lavorazione del legno in Alto Adige attraverso l'integrazione e il lavoro a stretto contatto tra i vari esperti del settore del legno, dai progettisti/progettiste al personale tecnico passando per architetti/architette e fornitori/fornitrici, in modo da sfruttare in modo più efficiente questo materiale in edilizia a seconda delle necessità e dei progetti sul territorio.

6.2 Calcestruzzo

Nonostante la diffusione delle costruzioni in legno, il calcestruzzo (CLS) costituisce ancora il cuore del settore delle costruzioni in Alto Adige: per ogni 2 tonnellate di materiale edile immesse sul mercato annualmente, 1 tonnellata circa è CLS. Le sue proprietà meccaniche, unite alla versatilità, l'esperienza acquisita dalle ditte nel settore e la sua economicità lo rendono la scelta principale da parte dei progettisti.

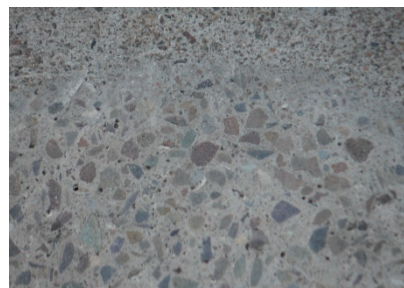


Figura 5: Calcestruzzo con aggregati a grana grossa

Punti di forza

La maggior parte delle materie prime utilizzate per la produzione di calcestruzzo, ad esclusione del cemento, è di origine altoatesina. L'uso di calcestruzzo riciclato come aggregato grosso consente di risparmiare risorse locali [98]; in particolare, il calcestruzzo con il 25% di aggregati riciclati è la soluzione migliore dal punto di vista ambientale [99]. Inoltre, trattandosi di materiale inerte, gli scarti del calcestruzzo possono essere utilizzati nel granulato misto ottenuto da materiali edili riciclati (assieme a mattoni, malta, ecc.) per riempimenti drenanti e sottofondi.

Punti di debolezza

La parte più rilevante delle emissioni di CO₂ legate all'utilizzo di CLS sono legate alla produzione del cemento, ed esse non sono intaccate dal riciclo di materiale da demolizione. Ad ogni modo, anche la riduzione del consumo di materie prime è una tematica di grande importanza.

Il prezzo del calcestruzzo riciclato può essere fino al 10% superiore rispetto al calcestruzzo fresco. Tra i fattori che influenzano principalmente il prezzo vanno considerati: il costo di vendita dell'aggregato riciclato, la percentuale di sostituzione dell'aggregato riciclato, il rapporto acqua/cemento, l'uso di cemento, l'uso di materiali cementizi supplementari, l'uso di additivi, i costi di produzione e installazione, i costi di trasporto dell'aggregato riciclato, i costi di trasporto del calcestruzzo, le misure di controllo della qualità, i costi indiretti, le normative obbligatorie, le linee guida volontarie, la crescita demografica e la crescita economica [100]. Lo sforzo necessario per trasformare i rifiuti edili in aggregati per calcestruzzo è relativamente elevato. Il settore delle costruzioni in Alto Adige utilizza circa un milione di metri cubi di sabbia e ghiaia di buona qualità ogni anno. Tuttavia, a causa della scarsità di queste risorse naturali in Alto Adige, esse saranno un giorno esaurite [101].

Opportunità

I CAM (Criteri Ambientali Minimi) prevedono una percentuale minima del 5% di contenuto di materie riciclate sul peso totale del prodotto nei calcestruzzi confezionati in cantiere o preconfezionati. Tuttavia, questa percentuale può essere abbassata se viene fornita un'adeguata giustificazione da parte del pianificatore. Secondo gli esponenti dell'industria altoatesina del calcestruzzo (Concrete - Associazione Calcestruzzo Alto Adige), l'obbligo del 5% è troppo basso per sfruttare a fondo il potenziale del calcestruzzo riciclato, e di conseguenza è stata espressa la richiesta di alzare quest'ultima percentuale il più possibile.

La normativa italiana, con il DM 17/01/2018, le norme UNI EN 206-1 e UNI EN 11104:2016, permette una percentuale massima di materiale riciclato ben superiore al minimo previsto dai CAM per quasi tutte le tipologie di CLS. Nella seguente tabella sono riportati tali valori, incrociando i limiti imposti dalle disposizioni sopracitate:

	C8/10	C12/15	C16/20	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45
X0	50%	50%	50%	30%	30%	20%	20%
XC1				30%	30%	20%	20%
XC2				30%	30%	20%	20%
XC3					30%	20%	20%
XC4						20%	20%
XS1					0%	0%	0%
XS2						0%	0%
XS3						0%	0%
XD1					20%	20%	20%
XD2						0%	0%
XD3						0%	0%
XA1					20%	20%	20%
XA2						0%	0%
XA3						0%	0%
XF1						20%	20%
XF2				0%	0%	0%	0%
XF3				0%	0%	0%	0%
XF4					0%	0%	0%

Tabella 1: Valori limite di quantità di inerte riciclato grosso (≥ 4 mm) per tipologia di calcestruzzo, per rispettare contemporaneamente DM 17/01/2018 [60], UNI EN 206-1 [102], UNI EN 11104:2016 [103]

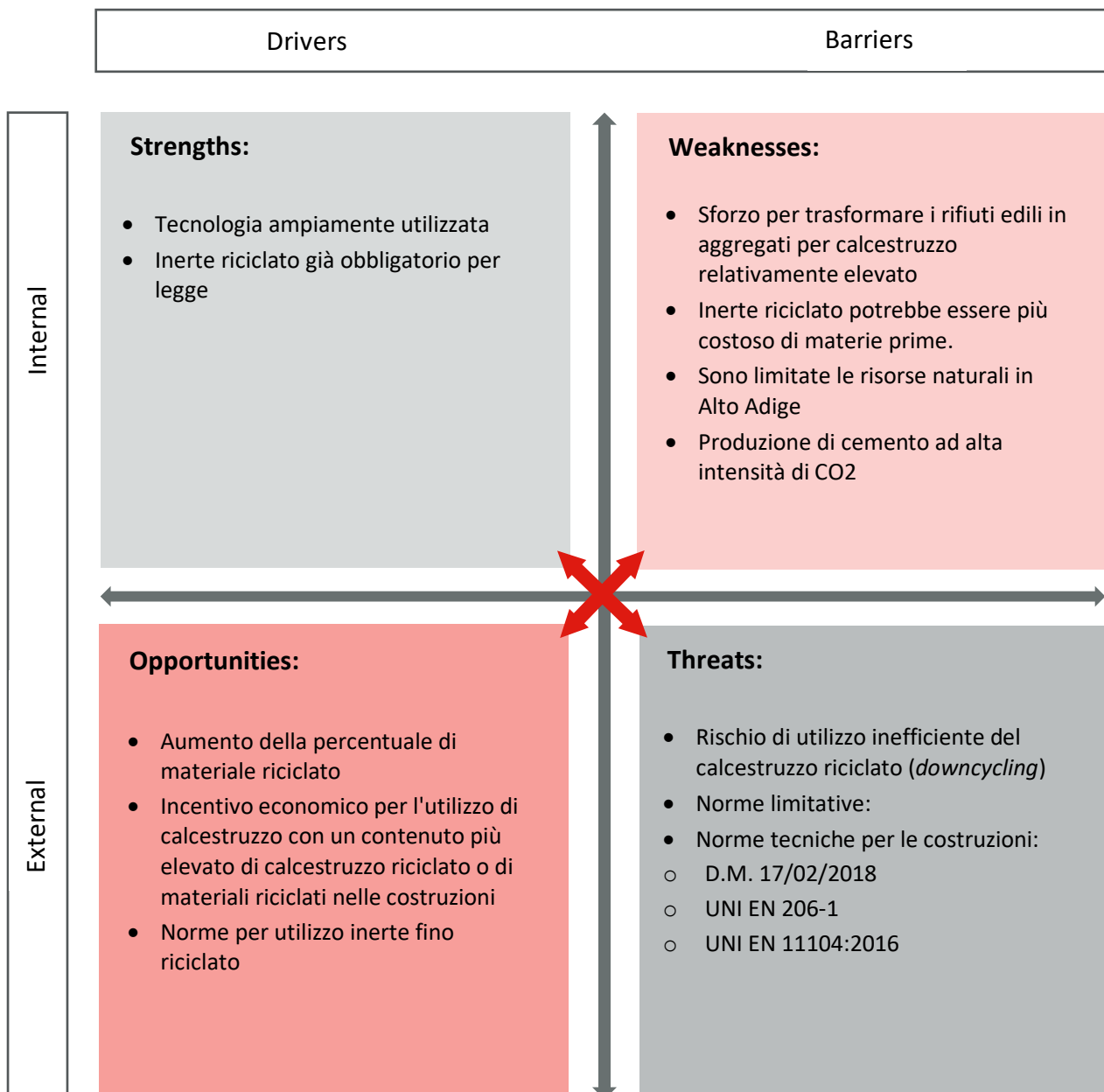
Per sfruttare appieno le potenzialità di riciclo di questo materiale potrebbe essere utile un incentivo economico che favorisca l'utilizzo di inerte riciclato, o obblighi più stringenti su di esso.

In Svizzera, per esempio, le norme tecniche sono meno rigide a questo riguardo - è consentito utilizzare più granulato di calcestruzzo riciclato e granulato misto riciclato per molti tipi di calcestruzzo, vedi: SN EN 206: 2013 + A2: 2021 e SIA Merkblatt 2030 [104].

L'uso di inerte fino (< 4 mm) riciclato nella produzione di calcestruzzo non è ad oggi previsto dalle normative, ma è auspicabile che vengano condotti degli studi per valutare il possibile utilizzo.

Rischi:

Gli aggregati di calcestruzzo riciclato sono ampiamente utilizzati principalmente per applicazioni non legate, ad esempio nella costruzione di strade. Questo uso riduce il valore del materiale e il numero di cicli che può sostenere.



Matchmaking

Punti di forza: – L'uso di calcestruzzo riciclato permette di risparmiare altre materie prime locali. – Il calcestruzzo con il 25% di aggregati riciclati è migliore dal punto di vista ambientale [99]. Opportunità: – CAM: almeno 5% di materiale riciclato – Aumento percentuale materiale riciclato – Norme per utilizzo inerte fino riciclato Rischi: – Utilizzo del calcestruzzo riciclato per lo più inefficiente. – Norme limitative: ○ Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/02/2018 ○ UNI EN 206-1 ○ UNI EN 11104:2016	L'innalzamento del limite del 5% dei CAM di contenuto di materiale riciclato nei calcestruzzi confezionati in cantiere o preconfezionati fino alle percentuali previste dalle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17/02/2018, UNI EN 206-1, UNI EN 11104:2016) per i diversi tipi di calcestruzzo consentirebbe di preservare di più le risorse (locali). Sarebbe auspicabile aumentare ulteriormente la percentuale dei CAM rispetto alle norme limitanti descritte, ad esempio come nelle corrispondenti norme tecniche svizzere, le quali consentono una maggiore percentuale di materiali riciclati nella produzione di calcestruzzo - SN EN 206: 2013 + A2: 2021 e SIA Merkblatt 2030 [104]. Negli appalti pubblici, richiedere una maggiore percentuale di materiale riciclato, entro i limiti previsti dalle norme nazionali. Istituire una norma provinciale che regoli l'utilizzo di sabbia (inerte fino < 4 mm) riciclata.
Punti di debolezza: – Il prezzo del calcestruzzo che contiene più materiali riciclati potrebbe essere più alto. Opportunità: – Creare degli incentivi economici per l'utilizzo di calcestruzzo con un contenuto più elevato di materiali riciclati.	Valutare un incentivo economico per promuovere l'utilizzo di maggiori quantità di materiale riciclato. Ad esempio, tramite il bonus cubatura previsto da KlimaHaus–Nature: prevedere condizioni agevolate per l'ottenimento del bonus nel caso di utilizzo di CLS contenente maggiori quantità di inerte riciclato.
Punti di debolezza: – Produzione di cemento ad alta intensità di CO₂	Condurre uno studio sulle emissioni di anidride carbonica legate all'utilizzo di CLS. Successivamente imporre un limite alle emissioni per tonnellata di materiale.

6.3 Laterizio

Punti di forza

Il riciclo di laterizio avviene tramite il suo utilizzo come materiale di riempimento e fissaggio nella costruzione di sentieri, campi da tennis e campi sportivi e come substrato vegetale nella costruzione di vegetazione [105].

L'applicazione dei mattoni di scarto come aggregato riciclato per miscele di calcestruzzo, sottofondi o pavimentazioni stradali comporta un risparmio minore legato all'uso evitato di aggregati naturali [106].

Punti di debolezza

Il laterizio è difficile da riutilizzare e da riciclare, mentre il materiale puro è relativamente raro. La maggior parte degli studi condotti sulla produzione di mattoni da materiali di scarto si basa ancora sulla cottura per aumentare la resistenza dei mattoni. Il processo di cottura dei mattoni è ad alta intensità energetica ed emette gas serra nell'atmosfera [107]. Poiché il mattone riciclato ha intrinsecamente una resistenza inferiore, dovrebbe essere utilizzato solo come sostituto parziale dell'aggregato in applicazioni con bassi livelli di sostituzione nella produzione di calcestruzzo [108].

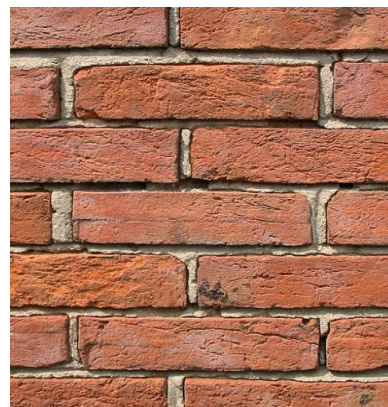


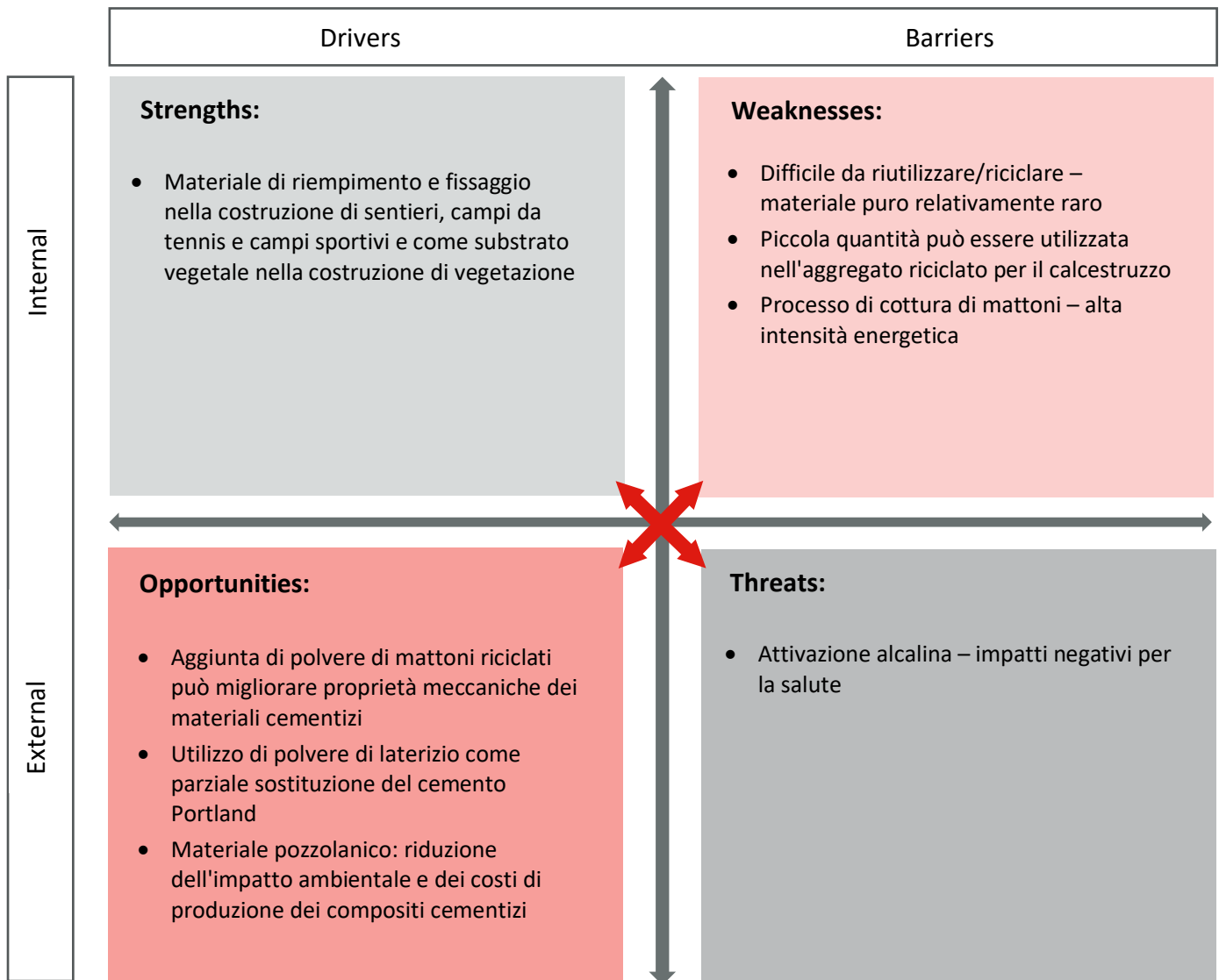
Figura 6: Parete in laterizio

Opportunità

L'aggiunta di una quantità adeguata di polvere di mattoni riciclati può migliorare le proprietà meccaniche dei materiali cementizi, anche se un contenuto eccessivo porta a una diminuzione di queste proprietà. Le ricerche esistenti suggeriscono che il livello ottimale di sostituzione del cemento con la polvere di mattoni riciclati è compreso tra il 5 e il 15-20% [108], [109]. L'utilizzo di mattoni di scarto in polvere come parziale sostituzione del cemento Portland ha rappresentato un'opzione favorevole con notevoli benefici ambientali [106]. L'utilizzo della polvere di mattoni riciclati come materiale pozzolanico offre un rimedio pratico per affrontare molteplici problemi. Tra questi, la minimizzazione dell'impatto ambientale e la riduzione dei costi di produzione dei compositi cementizi. Di conseguenza, la polvere di mattoni riciclati è promettente per un'applicazione diffusa [109].

Rischi

L'attivazione alcalina della polvere di mattoni di scarto, tipicamente rilevante quando si utilizza tale polvere come legante simile al cemento nel calcestruzzo o in altri materiali da costruzione, mostra impatti negativi sulla salute umana [106].



Matchmaking

Punti di forza: – Il laterizio riciclato viene utilizzato come materiale di riempimento e fissaggio nella costruzione di sentieri, campi da tennis e campi sportivi e come substrato vegetale nella costruzione di vegetazione. Punti di debolezza: – Difficile da riutilizzare e riciclare – il materiale puro è relativamente raro – Piccole quantità possono essere utilizzate nell'aggregato riciclato per il calcestruzzo.	Poiché i mattoni non possono essere utilizzati così facilmente e in quantità particolarmente elevate come aggregato riciclato nella produzione di calcestruzzo, i metodi di riciclo già in uso (materiale di riempimento e fissaggio nella costruzione di strade, sentieri, campi da tennis e campi sportivi e come substrato vegetale nella costruzione di vegetazione) sono adatti ad un'estensione del loro ciclo di vita, ma non in misura assoluta.
Opportunità: – L'aggiunta in quantità adeguata di polvere di mattoni riciclati può migliorare proprietà meccaniche dei materiali cementizi. – L'utilizzo di mattoni di scarto in polvere può sostituire parzialmente il cemento Portland. – La polvere di mattoni riciclati può minimizzare l'impatto ambientale e la riduzione dei costi di produzione dei compositi cementizi. Rischi: – Impatti negativi sulla salute dell'attivazione alcalina.	In linea di principio, l'utilizzo di una quantità maggiore di mattoni di scarto in polvere nella produzione del cemento sembra promettente. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per capire quanto sia realmente vantaggioso e come minimizzare i possibili svantaggi come l'attivazione alcalina.

6.4 Minerali

Questa categoria viene utilizzata nei casi studio selezionati (in particolare si rimanda alla fonte [38]) per raggruppare un numero di materiali derivanti dall'attività di costruzione e demolizione, quali massetti, intonaci, controsoffitti, pavimenti, rivestimenti, tegole, ghiaia, ecc.

Punti di forza

Materiali minerali inerti provenienti da attività edilizia, a seguito di un'opportuna separazione, frammentazione, setacciatura, pulizia e analisi per valutare l'eventuale presenza di sostanze inquinanti, possono essere utilizzati per riempimenti e stabilizzazioni, sottofondi stradali e ferroviari, asfalti. In Alto Adige questa pratica avviene già da alcune decine di anni [110]. Il loro utilizzo al posto di materiale vergine riduce il consumo di materie prime e il volume di materiale conferito in discarica, e contribuisce inoltre a ridurre le emissioni di CO₂: il processo di riciclo, infatti, evita le fasi energivore dell'estrazione e della lavorazione di nuovi materiali, necessarie per produrre aggregati vergini [111].

Punti di debolezza

Questa tipologia di rifiuto è caratterizzata da un elevato livello di miscelazione tra le sue componenti e risulta dunque impegnativo e dispendioso separarle in sostanze pure in fase di riciclo/smaltimento. Il materiale riciclato viene impiegato prevalentemente in applicazioni di minor pregio rispetto a quello dei prodotti di partenza, dando luogo al *downcycling*. Inoltre, terre e rocce derivanti da scavi non sono soggette a controlli da parte dell'autorità pubblica, a meno che queste non provengano da siti potenzialmente inquinati. Ciò significa che vi è del materiale ad oggi non tracciato, di cui si ignora quantità, qualità e destinazione.

Opportunità

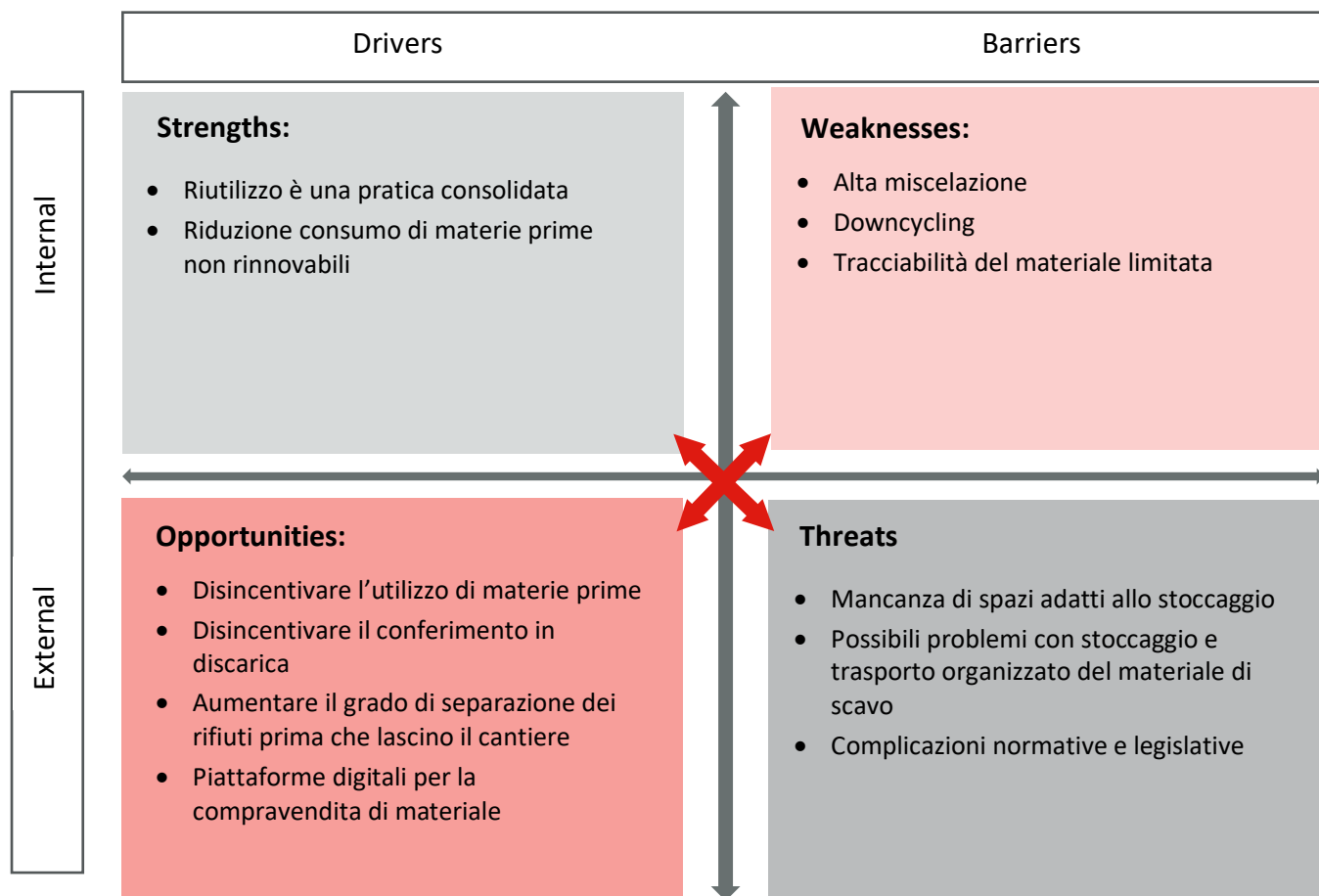
Per fare in modo che l'uso di materiale riciclato sia la scelta preferenziale da parte del settore privato, l'Autorità può agire aumentando le tasse sull'estrazione delle materie prime (come, per esempio, la Aggregates Levy nel Regno Unito: all'incirca 2.30€/ton [112]), o premiando i produttori di materiale riciclato con un incentivo.

Un'altra iniziativa virtuosa di rilievo è la creazione di un apposito mercato per gli inerti riciclati come quello istituito da ARPA Lombardia [113] che permettere l'incontro tra domanda e offerta.

In questo ambito si segnala che è già in fase di studio un'applicazione, frutto della collaborazione tra il consorzio bau.recycle e Fraunhofer Research Italia. La Provincia Autonoma di Bolzano può sostenere questa iniziativa sia dal punto di vista economico che in termini di visibilità, con l'obiettivo di massimizzare il positivo impatto ambientale dell'iniziativa. In ultima analisi, va sempre tenuto a mente che maggiore è il grado di separazione tra i materiali in fase di demolizione, minore è la quantità di materiale minerale misto conferito ai centri di recupero che molto spesso subisce il *downcycling*. Per questo motivo è auspicabile che vengano introdotti obblighi, incentivi, linee guida o altri strumenti, per una raccolta dei rifiuti sempre più particolareggiata che produca materie secondarie di buon valore.

Rischi

La disponibilità di spazi adeguati dove stoccare temporaneamente il materiale, anche di buona qualità, può rivelarsi problematico per le aziende impegnate in attività di scavo e demolizione così come per i centri di riciclo, specie per quanto riguarda operazioni di grandi dimensioni. Questo problema è stato amplificato dal DM 152/2022 "End of Waste" [62] che ha reso più complicata la procedura di trattamento dei rifiuti conferiti nei centri di recupero e la loro trasformazione in materiale riciclato.



Matchmaking

Opportunità: – Creazione di una piattaforma digitale per la compravendita di materiale Rischi: – Mancanza di spazi adatti allo stoccaggio – Possibili problemi con trasporto e stoccaggio organizzato del materiale di scavo	Questa misura permette alle aziende private di avere accesso in tempo reale a informazioni su quantità, collocazione e disponibilità di materie riciclate certificate, facilitandone il consumo al posto di materie prime. Inoltre, può anche favorire la diminuzione di materiale "immobile" che potrebbe accumularsi nei centri di riciclo in attesa di venire utilizzate
---	--

Opportunità: – Creazione di una piattaforma per la compravendita e di applicazioni Rischi: – Tracciabilità limitata	Per grandi opere (si propone come discriminante la soglia comunitaria di circa 5,54 mln €) prevedere una pianificazione concordata con la provincia per quanto riguarda la movimentazione di terre e rocce: valutando quantità e qualità dei materiali escavati questi potranno essere riutilizzati efficacemente in altre attività produttive. I dati ottenuti tramite questa misura devono contenere anche l'informazione sulla provenienza del materiale, almeno in termini di comprensorio, in modo tale da efficientare i trasporti.
---	--

6.5 Vetro

In Alto Adige non esistono impianti di riciclo del vetro. A differenza di altri materiali, per il vetro piano non è previsto un criterio specifico di contenuto minimo di materiale riciclato da soddisfare, né è contemplato il rilascio di certificati CAM [114]. Attualmente, il vetro colorato viene prodotto dai rifiuti di vetro provenienti dai cantieri qualora non finissero nei vari granulati dei rifiuti edili.

Punti di forza

Il vetro è un materiale che può essere riciclato un numero infinito di volta, e il suo riciclo è meno costoso del conferimento in discarica. Il vetro proveniente dalla demolizione selettiva di un edificio viene separato dagli inerti e successivamente avviato a forme di recupero.



Figura 7: Smontaggio di una finestra

Punti di debolezza

Il riciclo del vetro è un processo complicato e presenta alcune sfide. Prima fra tutte è la necessità di identificare e separare i vari tipi di vetro al fine di fonderli alla giusta temperatura, ridurre le impurità, e il contatto e mescolamento tra le diverse sostanze applicate ai vetri. Il problema principale del riciclo del vetro piano usato per nuove finestre è legato, per l'appunto, al rischio di presenza di impurità nei nuovi vetri. Le normative sugli standard di qualità per la produzione di vetri per edifici sono molto più stringenti rispetto a quelle per altri prodotti come, ad esempio, il vetro per bottiglie, per questioni estetiche e di sicurezza: le più piccole impurità portano a vetri non impeccabili. Comunemente avviene un processo di *downcycling*, ossia il vetro in cantiere viene impiegato nella fabbricazione di altri prodotti sottoposti a standard di qualità meno stringenti rispetto al vetro per finestre.

Opportunità

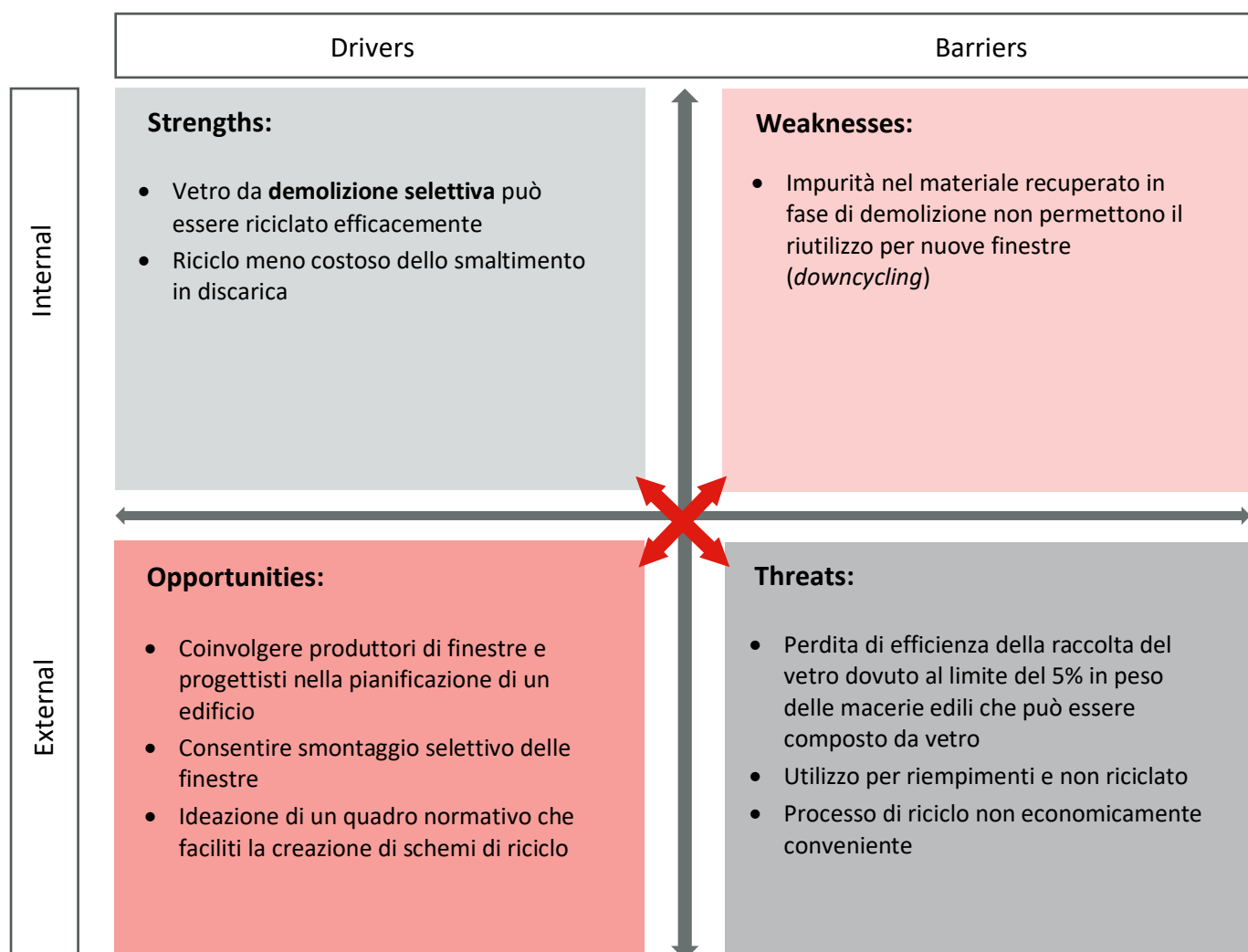
La maggior parte del vetro piano utilizzato negli edifici potrebbe essere smontato e riciclato in forni per il vetro. Prima che l'industria del vetro possa riciclare il vetro di scarto, è necessario compiere diversi passi. Le sfide maggiori sono legate alla creazione di schemi di riciclo in grado di garantire e organizzare lo smantellamento delle finestre o dei vetri degli edifici prima della demolizione, la raccolta di queste finestre o vetri dopo la demolizione o la ristrutturazione dell'edificio e la segregazione del vetro dagli altri componenti delle finestre prima del riciclaggio in un forno per vetro [115].

Rischi:

I vari granulati delle macerie edili possono contenere fino al 5% di vetro come espresso nella Deliberazione della Giunta Provinciale n. 1030 del 27 settembre 2016 "Linea guida per il recupero di materiali da costruzione e demolizione e per la qualità dei materiali edili riciclati" [72].

Questo limite del 5% contribuisce al fatto che il vetro viene raccolto separatamente con minore frequenza e quindi non può essere immesso nel processo ottimale di riciclo o riutilizzo. Nonostante la sua riciclabilità, il vetro da costruzione a fine vita non viene quasi mai riciclato in nuovi prodotti in vetro. Al contrario, viene spesso frantumato insieme ad altri materiali da costruzione e messo in discarica o usato per riempimenti ma non viene comunemente recuperato. [115].

Al momento, il processo di riciclo per ottenere nuovamente vetro per finestre non è economicamente conveniente [116].



Matchmaking

Punti di forza: – Il riciclo è meno costoso della discarica; inoltre è anche più conveniente separare preventivamente il vetro dagli altri materiali. Rischi: – I vari granulati delle macerie edili possono contenere fino al 5% di vetro: ciò comporta che il vetro venga raccolto separatamente con minore frequenza e di conseguenza non può essere immesso in maniera ottimale nel processo di riciclo o riutilizzo.	I vantaggi del riciclo separato del vetro potrebbero essere sfruttati appieno e la quota del 5% di vetro nei vari granulati delle macerie edili deve essere significativamente ridotta in modo da non sostenere il <i>downcycling</i>.
Punti di forza: – Il vetro proveniente dalla demolizione selettiva di un edificio viene separato dagli materiali inerti e successivamente avviato a forme di recupero. Opportunità: – Coinvolgere produttori di finestre e progettisti nella pianificazione di un edificio per consentire uno smontaggio selettivo delle finestre più agevole. – Sarebbe auspicabile un quadro giuridico che faciliti il processo di riutilizzo. – Creazione di schemi di riciclaggio Punti di debolezza: – I vetri di finestre provenienti da edifici demoliti non vengono generalmente riciclati e utilizzati per nuove finestre a causa delle impurità presenti. Rischi: – Processo di riciclo non economicamente conveniente	L'opportunità della demolizione selettiva dovrebbe essere sfruttata coinvolgendo maggiormente i progettisti e i produttori di finestre nella pianificazione degli edifici e creando degli schemi di riciclaggio. Sarebbe inoltre necessario creare incentivi economici.

6.6 Materiali isolanti

I materiali isolanti presi in considerazione per questa analisi si dividono in 3 categorie principali: isolanti sintetici (ad es. EPS, XPS, PUR), isolanti di origine minerale (ad es. lana di roccia, lana di vetro) e isolanti di origine naturale (ad es. fibra di canapa, fibra di legno, fibra di cellulosa, sughero).

Punti di forza

Tutti i materiali isolanti presi in considerazione permettono un risparmio di energia nel corso della loro vita utile molto maggiore al costo energetico per la loro fabbricazione, rendendoli validi sia dal punto di vista economico che della sostenibilità [117].

Gli isolanti tradizionali (sintetici e di origine minerale) offrono il miglior rapporto costo-beneficio in termini di coibentazione.

Gli isolanti di origine naturale sono tipicamente più traspiranti e pesanti, e non presentano problemi in fase di smaltimento, dato che possono essere compostati o termovalorizzati. Inoltre, possono essere prodotti da materiali riciclati.



Figura 8: Lana di roccia

Punti di debolezza

I materiali più comunemente utilizzati oggi sono di origine fossile e dunque non rinnovabili.

I materiali sintetici sono generalmente trattati con dei ritardanti di fiamma che li rendono tossici per l'ambiente, mentre quelli di origine minerale costituiscono un pericolo per la salute se inalati. In entrambi i casi l'attività di demolizione e raccolta deve essere eseguita metodicamente per non arrecare danni alle persone e all'ambiente.

I materiali di origine naturale sono ad oggi più costosi rispetto alle altre alternative e tipicamente la loro trasmittanza è più alta, (servono dunque spessori maggiori) costituiscono perciò un segmento di nicchia.



Figura 9: Lana di vetro

Opportunità

Diversi produttori di isolanti sintetici e minerali garantiscono la totale riciclabilità dei loro prodotti e possiedono degli impianti per il riciclo già attivi.

Alternativamente, gli isolanti di origine minerale possono essere utilizzati come aggiunte per i conglomerati o come additivo nella produzione di materiali ceramici sinterizzati.



Figura 10: Fibra di legno

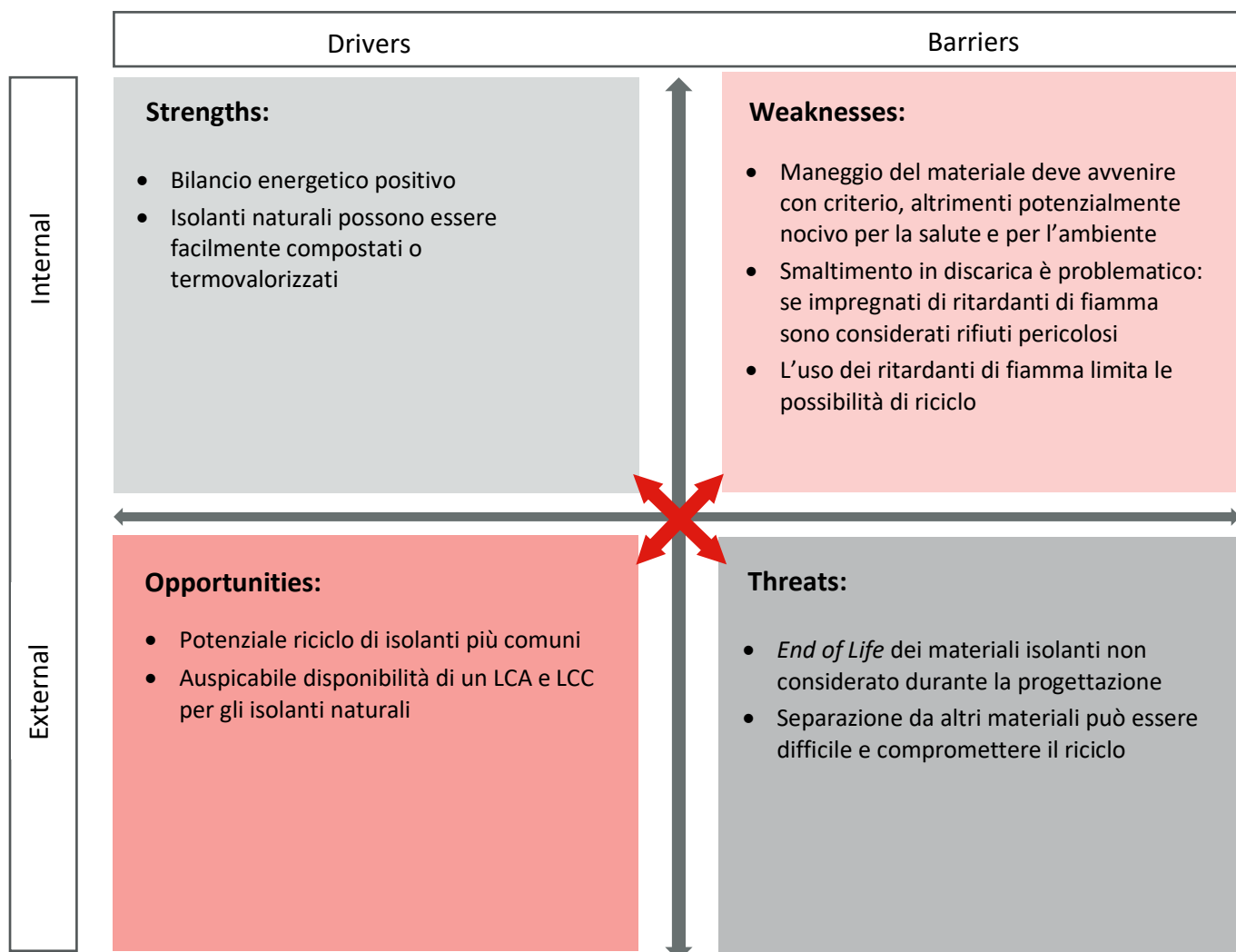
In chiave futura, quando il flusso di materiale isolante proveniente da attività di demolizione/ristrutturazione sarà molto maggiore di oggi, avere degli impianti capaci di gestire tale flusso si rivelerà cruciale.

La progettazione di facciate ventilate in cui l'isolante non viene intonacato può migliorare di molto la purezza del materiale raccolto in fase di demolizione.

Per gli isolanti di origine naturale è auspicabile svolgere una Life Cycle Analysis (LCA) e un Life Cycle Costing (LCC) per valutare a fondo i loro benefici in termini di impatto ambientale.

Rischi

L'efficienza energetica è spesso considerata nelle nuove costruzioni, ma non i possibili problemi e il potenziale di riutilizzo dei materiali utilizzati. In alcune posizioni (facciata, massetto, elementi di alleggerimento nei getti di CLS) può risultare molto difficile la separazione dell'isolante da altri materiali, andando a peggiorare la qualità del materiale recuperato. La purezza è cruciale perché il materiale possa essere riciclato con successo. Dato il sempre maggiore impiego di isolanti nelle costruzioni, le quantità future di questi materiali provenienti da attività di demolizione che dovranno essere smaltiti potranno complicarne la gestione.



Matchmaking

Isolanti naturali Punti di forza: – Bilancio energetico positivo – Possono essere prodotti con materiali riciclati – Compostabili o termovalorizzabili Punti di debolezza: – Costo maggiore – Trasmittanza tipicamente più alta – richiede spessori maggiori Opportunità: – LCA e LCC	Poiché il costo dello smaltimento è totalmente a carico dell'azienda incaricata della demolizione, al momento della progettazione il cliente tende a sfavorire una soluzione più costosa ma meno onerosa da smaltire. Effettuare un LCA e LCC dei vari tipi di isolanti può essere utile sia ai clienti che intendono rimanere proprietari dell'immobile a lungo termine, sia al legislatore che voglia colmare questa disparità.
Isolanti sintetici e di origine minerale Punti di forza: – Bilancio energetico positivo – Convenienza economica Opportunità: – Tentativi di riciclo portati avanti da aziende produttrici Punti di debolezza: – Potenzialmente dannosi per la salute e per l'ambiente se maneggiati scorrettamente. – L'uso dei ritardanti di fiamma limita le possibilità di riciclo. Rischi: – Il potenziale di riutilizzo dei materiali utilizzati generalmente non viene considerato in fase di progettazione.	In fase di progettazione va tenuto conto anche del fine vita della costruzione: favorendo soluzioni in cui i materiali isolanti siano separabili completamente e senza impurità, il loro riciclo potrà avvenire con successo, senza dover ricorrere allo smaltimento in discarica.

6.7 Metalli

I metalli conferiti nei centri di recupero vengono principalmente trasportati in altre regioni del nord Italia dove sono successivamente riprocessati in acciaierie, stabilimenti di alluminio, rame, ecc.

Punti di forza

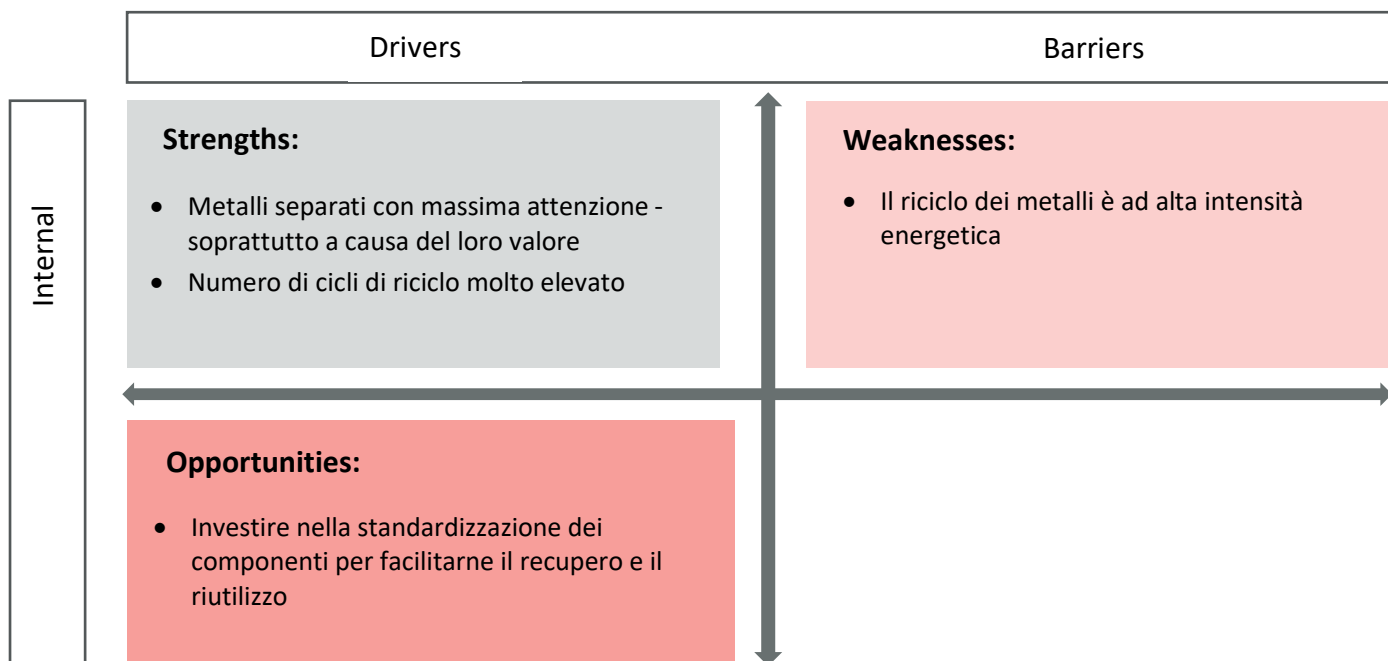
I metalli vengono separati con la massima attenzione durante i lavori di demolizione, soprattutto a causa del loro valore. Per lo stesso motivo, anche il tasso di riciclo è molto elevato.

Punti di debolezza

Il riciclo dei metalli è ad alta intensità energetica.

Opportunità

Investire nella standardizzazione dei componenti può facilitarne il recupero e il riutilizzo.



Matchmaking

Punti di forza: – Metalli separati con massima attenzione, soprattutto a causa del loro valore – Tasso di riciclo molto elevato Opportunità: – Investire nella standardizzazione dei componenti per facilitarne il recupero e il riutilizzo Punti di debolezza: – Il riciclo dei metalli è ad alta intensità energetica.	Per concentrarsi sulla facilità di riutilizzo e sul recupero delle parti metalliche in cantiere, i componenti dovrebbero essere sempre più standardizzati. In questo modo si contrasterebbe anche l'elevato consumo di energia che si verifica durante il processo di riciclo, in quanto si renderebbe possibile maggiormente anche il riutilizzo, favorendo in tal modo un ulteriore "gradino" nella cascata di utilizzo dei componenti metallici.
---	--

6.8 Panelli fotovoltaici / solari termici

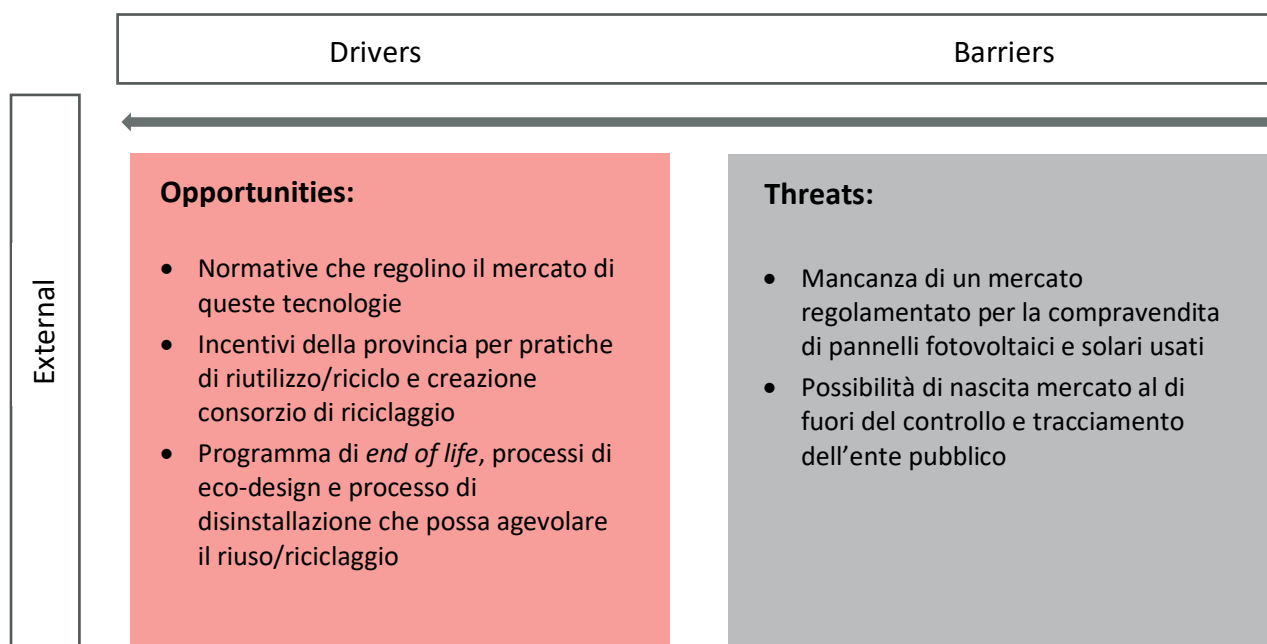
La gestione di questi rifiuti è coordinata dal Centro di Coordinamento Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE).

Opportunità

Al fine di evitare in futuro lo sviluppo di mercati al di fuori del controllo dell'ente pubblico che trattano queste tecnologie, sarebbe necessario adottare e implementare normative precise che ne regolino il riciclo e il riutilizzo. Servirebbero inoltre incentivi della Provincia che spingano sulle pratiche di riutilizzo e riciclo di questi materiali, possibilmente con la creazione anche di un apposito consorzio. Inoltre, sarebbe necessario un programma di *end of life* che favorisca i processi di eco-design di queste tecnologie in modo tale da avere un processo di disinstallazione che possa permettere il riuso e il riciclo facilitato dei materiali.

Rischi

In Alto Adige non è attualmente presente un mercato regolamentato dei pannelli fotovoltaici o solari termici usati.



Matchmaking

Opportunità: - Esistenza di uno spazio normativo per regolamentare il mercato di queste tecnologie. Rischi: - Possibilità di nascita mercato al di fuori del controllo e tracciamento dell'ente pubblico.	Per evitare la nascita di un mercato nero, è necessario creare un mercato regolamentato per queste tecnologie.
Opportunità: - Stabilire incentivi provinciali a favore di pratiche di riutilizzo e riciclo, insieme alla creazione consorzio di riciclo. - Implementare un programma di end of life per favorire i processi di eco-design che facilitino le attività di disinstallazione e il successivo riuso o riciclo. Rischi: - In Alto Adige non è presente un mercato regolamentato per i pannelli fotovoltaici o solari termici usati.	La creazione di un mercato regolamentato per queste tecnologie sarebbe facilitata e promossa dalla creazione di un consorzio di riciclo. È inoltre importante che la PAB crei incentivi per il riciclo e il riutilizzo e che istituisca un programma di fine vita.

7. Misure

In questo capitolo si propongono delle misure migliorative, sia di carattere trasversale, sia riferite ai singoli materiali analizzati.

Misure trasversali

- Introduzione di specifiche disposizioni normative provinciali volte a prevedere l'obbligo della demolizione selettiva, almeno per quanto riguarda le grandi opere (si propone come discriminante la soglia comunitaria di circa 5,54 mln €), in modo da garantire il conferimento nei centri di raccolta di materiale con minori impurità e maggiore controllo.
- Implementare una banca dati in cui confluiscano tutti i dati rilevanti al fine di una gestione efficiente dei flussi di materiale:
 - Dati su flussi di materiale legati a progetti pubblici, iniziando dai più significativi: CLS, laterizio, isolanti, legno
 - Utilizzo di materiali edili, suddivisi per tipologia
 - Provenienza e flussi
 - Destinazione dei materiali di demolizione
 - Flussi di biomassa destinati alle centrali di teleriscaldamento e alla combustione domestica privata
- Considerare i flussi di materiale non solo a livello di singolo cantiere, ma utilizzare i dati raccolti per una gestione impostata a livello di comprensorio, al fine di evitare ad esempio che il materiale di demolizione nella costruzione di una galleria e non utilizzato nello stesso cantiere debba essere smaltito anziché essere utilizzato nell'ambito di altri progetti.
- Introdurre specifiche disposizioni normative che consentano il deposito temporaneo di materiale edile anche in aree non produttive, ad esempio tramite l'affitto di terreni.
- Sviluppare ulteriori strumenti economici specifici per i materiali riciclabili nel settore delle costruzioni in termini di end of waste, al fine di promuovere il mercato delle materie prime secondarie.
- Facilitare l'incontro tra domanda e offerta, ad esempio attraverso piattaforme di commercio e scambio di sottoprodotti dell'industria edilizia e materiali riciclati.
- Favorire l'utilizzo di strumenti digitali per il tracciamento, la documentazione e il monitoraggio dei materiali di scarto in edilizia.
- Stilare bilancio energetico per stimare l'energia grigia nel trasporto e la lavorazione dei materiali edili riciclati, individuando un miglioramento nella logistica del trasporto.
- È necessario concentrarsi sulla pianificazione strategica degli edifici e tenere conto della possibile conversione di un edificio e della demolizione selettiva già nella fase di progettazione. In questo contesto sarebbe utile un impegno per la valutazione dei progetti attraverso metodi di LCA e LCC, e strumenti digitali che supportino la progettazione tenendo conto di tutto il ciclo vita dei materiali utilizzati.
- Rafforzare lo studio delle best practices nei programmi di formazione per tecnici, soprattutto per quanto riguarda la progettazione che permetta la decostruzione degli edifici a fine vita, la demolizione selettiva e l'utilizzo di materiali riciclati
- Individuare dei sistemi di coordinamento, anche per via digitale, tra tutte le autorità pubbliche competenti che intervengono nella gestione dei rifiuti, e tra le autorità pubbliche, il mondo della ricerca e i rappresentanti dei settori economici e industriali di

riferimento per facilitare e regolamentare lo scambio di informazioni, dati, conoscenze e competenze.

- Istituzione di campagne di sensibilizzazione pubblica, in particolare sulla raccolta differenziata, sulla prevenzione della produzione dei rifiuti e sulla riduzione della dispersione dei rifiuti, integrando tali questioni nella formazione e nei programmi educativi scolastici.

Legno

- Rafforzare le risorse destinate al Fondo per le Costruzioni in Legno del 2022 ed estenderlo, dove possibile, anche ad altri materiali rinnovabili (ad esempio, la canapa, paglia e altri materiali da costruzione bio-based), e costituire anche un fondo per l'edilizia sostenibile che premi gli sforzi per ridurre le emissioni di CO₂ dei materiali da costruzione fossili (cemento climatico, calcestruzzo riciclato). Ancora più efficace sarebbe l'introduzione di un fondo per l'edilizia sostenibile con l'obiettivo di promuovere tutti gli sforzi per ridurre o evitare le emissioni di CO₂.
- Per la costruzione di nuovi edifici in legno dovrebbe essere fissata una quota minima per il riutilizzo del legno da costruzione o del legno riciclato.
- Nelle gare d'appalto per edifici pubblici come, per esempio, per le scuole o le residenze per studenti, si dovrebbe privilegiare la progettazione con struttura modulare che utilizzino elementi costruttivi standardizzati o componenti conformi ai principi di eco-design per facilitare lo smontaggio e il riutilizzo.
- Favorire l'utilizzo di strumenti digitali per il tracciamento e il monitoraggio dei prodotti e per garantire una maggiore trasparenza ed accessibilità ai dati sui flussi del legno sulla base delle analisi svolte in passato per valutare meglio il potenziale di utilizzo del legno locale [118].
- Analizzare i dati sui flussi del legno consentirebbe di valutare più facilmente se la costruzione di uno o più impianti di trasformazione specifici sono economicamente ed ecologicamente sostenibili.

Calcestruzzo

- Innalzare l'obbligo di percentuale minima di aggregato riciclato, entro i limiti previsti dalle norme [60], [102], [103].
- Negli appalti pubblici, prevedere una maggiore percentuale di materiale riciclato, entro i limiti previsti dalle norme nazionali [60], [102], [103].
- Istituire una norma provinciale che permetta l'uso di sabbia (inerte fine <4mm) riciclata.
- Valutare un incentivo economico per promuovere l'utilizzo di maggiori quantità di materiale riciclato. Ad esempio, tramite il bonus cubatura previsto da CasaClima – Nature: prevedere condizioni agevolate per l'ottenimento del bonus nel caso di utilizzo di CLS contenente maggiori quantità di inerte riciclato.
- Condurre uno studio sulle emissioni di anidride carbonica legate all'utilizzo di CLS utilizzato in Alto Adige lungo tutta la catena del valore. Successivamente imporre un limite alle emissioni per tonnellata di materiale.

Minerali

- Creare o entrare a far parte di una piattaforma virtuale per la compravendita di inerti, sull'esempio del modello di ARPA Lombardia. Ad oggi è già in fase di studio un'app, grazie alla collaborazione tra il consorzio bau.recycle e Fraunhofer Research Italia. La Provincia può sostenere questa iniziativa sia in termini economici che di visibilità.
- Per grandi opere (si propone come discriminante la soglia comunitaria di ca. 5,54 mln €) prevedere una pianificazione concordata con la PAB per quanto riguarda la movimentazione di terre e rocce: valutando quantità e qualità dei materiali escavati questi potranno essere riutilizzati efficacemente in altre attività produttive. I dati ottenuti tramite questa misura devono contenere anche l'informazione sulla provenienza del materiale, almeno in termini di comprensorio, in modo tale da efficientare i trasporti.

Isolanti

- Disincentivare le tecniche costruttive che prevedono la contaminazione del coibente con altri materiali (materiali compositi, rasatura e intonacatura dell'isolante), ad esempio con campagne di sensibilizzazione, corsi per progettisti, valutazione dell'impatto ambientale dello smaltimento con le modalità attuali.
- Promuovere l'utilizzo di isolanti di origine naturale, rinnovabili e di comprovato ridotto impatto ambientale. Gli isolanti naturali possono essere inclusi nelle opere pubbliche, al posto degli isolanti tradizionali. Inoltre, può essere valutato un incentivo in termini di bonus cubatura dell'edificio.
- Per raggiungere questo obiettivo, sarebbe necessario sovvenzionare progetti pilota in cui si risolve anche il problema dello smantellamento.
- Dotarsi di impianti in grado di trattare le tipologie di isolanti più utilizzati (polistirene, poliuretano, lana di roccia, lana di vetro) affinché possano essere riciclati, evitando in larga misura il processo di *downcycling* (utilizzo termico in un impianto di incenerimento dei rifiuti) o smaltimento (immagazzinamento in discarica).

Panelli fotovoltaici / solari termici

- Per evitare la nascita di un mercato nero, è necessario creare un mercato regolamentato per queste tecnologie che potrebbe essere facilitato e promosso dalla creazione di un consorzio di riciclo. È inoltre importante che la Provincia Autonoma di Bolzano crei incentivi per il riciclo e il riutilizzo e che istituisca un programma di fine vita.

8. Key Performance Indicators per il monitoraggio della circolarità dei materiali in edilizia

Per monitorare l'adozione dei principi dell'economia circolare nel settore delle costruzioni è fondamentale disporre di un set di indicatori adeguati. Questi indicatori devono essere in grado di misurare diversi aspetti, tra cui l'utilizzo efficiente dei vari materiali, le caratteristiche tecniche che permettano una destinazione di riutilizzo o di riciclo efficace, e le quantità impiegate attualmente in edilizia. È altrettanto importante individuare il valore economico generato e l'impatto a livello lavorativo, specialmente per quanto riguarda la possibilità di espandere il mercato per i materiali riciclati. Un set di indicatori che consideri diversi aspetti tecnici e sociali può essere utilizzato dalle aziende per monitorare i propri progressi verso la circolarità e per identificare le aree in cui è possibile migliorare; lo stesso set può anche essere utile sia ai consumatori per operare scelte più consapevoli che alle istituzioni per sviluppare politiche e normative che favoriscano l'EC nel territorio.

Qui di seguito viene presentata una lista non esaustiva di indicatori riconducibili a quelli utilizzati da EUROSTAT per monitorare vari settori dell'attività umana, tra cui economia, ambiente, energia, demografia, ecc., ma rispetto a questi sono pensati specificamente per tracciare il quadro della circolarità nel settore edilizio altoatesino. Essi inoltre fanno riferimento ai contenuti presenti nel documento della *"Carta del Legno 2015-2020"* di Confindustria Alto Adige [119]. Gli indicatori sono stati divisi in cinque categorie che rappresentano gli aspetti più cruciali da considerare per una strategia di circolarità, ovvero: flussi di materiali, infrastrutture, impatto energetico, utilizzo dei materiali riciclati nelle costruzioni e impatto economico.

Di seguito è riportata una tabella di confronto tra le categorie proposte da Eurac Research e da EUROSTAT:

Approcci strategici all'economia circolare nel settore delle costruzioni in Alto Adige	EUROSTAT
Flussi di materiali	Material flows and resource productivity [120]
Infrastrutture	Enterprises by NUTS 2 regions and NACE Rev.2 activity [121]
Impatto energetico	Energy accounts [122]
Utilizzo di materiali riciclati nelle costruzioni	Circular material use rate by material type [123]
Impatto economico	Enterprises by NUTS 2 regions and NACE Rev.2 activity [121]

1. Flussi di materiali (Legno, calcestruzzo, laterizio, minerali, metalli, alluminio, ferro, rame)

- Quantità (tonnellate, milioni di m3) del materiale grezzo proveniente dall'estero

Per migliorare le conoscenze sui flussi di materiali in Alto Adige è necessario monitorare quanto del materiale edilizio attualmente lavorato nel territorio viene importato dall'estero, in particolare dai Paesi limitrofi come Austria e Svizzera.

- Produzione totali rifiuti (tonnellate) generati dal settore edile

Il numero di rifiuti generati dalle attività edili in Alto Adige può mostrare l'impatto del settore delle costruzioni sul numero totale di rifiuti generato, oltre a fornire indicazioni sulla necessità di minimizzare tale impatto e rafforzare le attività di recupero, riutilizzo e riciclo. In alternativa, è possibile analizzare l'impatto economico calcolando la produzione di rifiuti per unità di PIL altoatesino (kg/migliaia di €).

- Tasso di riciclo (%) dei materiali impiegati nei progetti di costruzione.

Questo indicatore viene calcolato come rapporto tra la quantità di rifiuti edili riciclati e la quantità di rifiuti prodotti (sia durante le attività di costruzione che quelle di demolizione), valutando il loro reinserimento nei cicli industriali come materie prime secondarie.

- Percentuale (%) di input provenienti dal riciclo alla fine del ciclo di vita di un prodotto impiegato nel settore delle costruzioni

Per uno specifico materiale edile, questo indicatore misura quanto ne viene immesso nuovamente nel ciclo produttivo a partire da un processo di riciclo. Questo indicatore può mostrare il contributo dei materiali riciclati alla domanda di materiali necessari alle attività di costruzione.

Legno

- Quantità (milioni di m3) di legno grezzo proveniente dal territorio della PAB

Per migliorare le conoscenze sui flussi di legno in Alto Adige è necessario monitorare quanto del materiale attualmente lavorato nel territorio viene prelevato dai boschi locali.

- Rilevare la quantità di legno grezzo disponibile nella provincia e tracciare il flusso di materiali per l'utilizzo di questo legno grezzo per determinare la quantità di legno locale che può essere utilizzato per gli edifici e per derivare la quantità di legno che dovrebbe essere importata per soddisfare la quota stabilita per gli edifici pubblici.

- Crescita annuale della superficie forestale (ettari) in Alto Adige

Parallelamente al legno prelevato, è necessario considerare l'espansione annuale della superficie dei boschi. Questo è fondamentale poiché, in un'ottica dell'aumento dell'utilizzo del legno che non sia in contraddizione con i principi di sostenibilità ambientale, non bisogna eccedere nell'estrarre più legno di quanto ne viene prodotto dalle foreste.

2. Infrastrutture per la lavorazione dei materiali

- Numero impianti di lavorazione dei materiali

Tramite questo indicatore si può monitorare l'aumento degli impianti di lavorazione dei materiali in questione a fronte di un aumento della domanda del materiale in questione riciclato.

- Investimenti nella costruzione di nuovi impianti di lavorazione e riciclo dei vari materiali (migliaia di €)

Come emerso dall'analisi SWOT, attualmente in Alto Adige si registra una carenza di infrastrutture per la lavorazione di alcuni materiali, ad esempio il legno, specialmente per quanto riguarda le fasi di smontaggio e trattamento finalizzate al riciclo. Se la PAB decide di investire nella costruzione di nuovi impianti o nell'ammodernamento di quelli esistenti è importante tenere conto di questa spesa come indicatore che monitora una transizione verso processi produttivi circolari.

3. Impatto energetico e climatico

- Emissioni di CO₂ (tonnellate) generate dal trasporto e dalla lavorazione del materiale
- Quantità di anidride carbonica emessa nelle fasi di trasporto e lavorazione dei materiali per misurare l'efficienza di questi processi (soprattutto se si tratta di lunghi viaggi per importare il materiale da territori o località più distanti) e intervenire in modo da renderli meno inquinanti possibili. In questo modo potrebbe anche essere possibile calcolare un'eventuale riduzione di impronta di CO₂ dei materiali riciclati rispetto a quelli vergini sulla base di dati forniti dalle aziende.

4. Utilizzo dei materiali riciclati nelle costruzioni

- Percentuale (%) del materiale riciclato presente in un edificio sul totale di materiale utilizzato

Questo indicatore mostra la quantità di materiali riciclati utilizzati nella costruzione di un edificio e può essere utile sia per monitorare l'aumento di questi materiali (e quindi dei processi circolari in edilizia) sia per considerare gli edifici stessi come "banche di materiali" tenendo traccia dei materiali presenti che potrebbero essere riutilizzati nuovamente in futuro.

- Green public procurement (numero di appalti pubblici)

Questo indicatore misura la quota di procedure di appalto pubblico che includono requisiti ambientali o di sostenibilità (tra cui elementi di circolarità come durabilità di un prodotto ecc.)

Legno

- Numero di edifici pubblici costruiti in legno (secondo le norme per le costruzioni in legno) in un anno solare

Per monitorare l'aumento dell'impiego del legno in edilizia si deve tenere traccia di quanti edifici pubblici vengono costruiti interamente o parzialmente in legno in Alto Adige in un anno. Bisognerebbe considerare gli edifici che contengono una quota significativa di legno al loro interno, quindi quegli edifici costituiti almeno per un terzo di legno.

- Numero di edifici privati costruiti in legno (secondo le norme per le costruzioni in legno) in un anno solare

Per monitorare l'aumento dell'impiego del legno in edilizia (il programma del governo provinciale prevede che il 25% delle nuove costruzioni sia in legno, e il piano climatico provinciale pone l'obiettivo al 30%) si deve tenere traccia di quanti edifici privati vengono costruiti interamente o parzialmente in legno in Alto Adige in un anno. Bisognerebbe considerare gli edifici che contengono una quota significativa di legno al loro interno, quindi quegli edifici costituiti almeno per un terzo di legno.

- Percentuale (%) di legno riciclato sulla massa totale legnosa

Incentivando gli edifici modulari costruiti interamente in legno, si dovrebbe puntare a utilizzare legno riciclato come strategia di estensione del ciclo di vita di tale materiale. In questo caso si dovrebbe monitorare quanto legno riciclato viene impiegato nella costruzione di questi edifici come percentuale del legno totale utilizzato.

5. Impatto economico

- Numero di aziende nell'industria dei materiali in questione in Alto Adige

Monitorare il numero di aziende nell'industria dei vari materiali che vengono prodotti localmente può indicare una maggiore attrattività economica del materiale e un suo maggiore impiego nel territorio.

- Numero di impiegati nell'industria dei materiali in questione in Alto Adige

Come per il numero di aziende, anche il numero di persone impiegate nell'industria dei vari materiali in questione può indicare un maggiore impatto e ruolo svolto nell'economia locale.

- Investimento lordo in beni materiali nei settori del riciclo, riparazione e riutilizzo (percentuale del PIL)

Questo indicatore supporta la quantificazione del livello di competitività e innovazione nei settori del riciclo, riparazione e riutilizzo, specialmente nell'ottica di ampliare e rafforzare i mercati dei sottoprodotti e dei materiali di recupero in edilizia per rendere il settore più circolare.

Legno

- Investimenti (migliaia di €) del Fondo per le Costruzioni in Legno

Il Fondo per le Costruzioni in legno della PAB, istituito nel 2022, ha come obiettivo quello di finanziare progetti edili che prevedano un più ampio utilizzo del legno. Monitorare i flussi di spesa e di investimento, per quantità e provenienza, in questo senso può fornire un'idea di quanto si stia accelerando a livello politico su una strategia più circolare in Alto Adige.

- Numero progetti finanziati dalla PAB sul tema del legno in edilizia

Il numero di bandi o progetti finanziati direttamente dalle istituzioni locali può essere un indicatore degli sforzi politici verso una trasformazione circolare e sostenibile del settore edile locale.

- Valore aggiunto dell'industria del legno in Alto Adige (Euro/m3)

Il valore aggiunto misura l'aumento di valore economico di una risorsa in seguito alla sua lavorazione attraverso l'utilizzo di fattori produttivi (capitale e lavoro). In particolare, l'impiego del materiale legno come materiale da costruzione porta ad un valore aggiunto maggiore rispetto ad altri impieghi, come quello energetico, dovuto dalla maggiore catena di trasformazione e dai cicli di produzione più lunghi [119]. Un aumento del valore aggiunto del legno può indicare un'auspicata espansione del mercato del legno riciclato con conseguenti benefici per produttori e consumatori.

9. Best practices

Nell'era attuale, l'adozione di pratiche di economia circolare è diventata essenziale per affrontare le sfide ambientali globali e promuovere uno sviluppo sostenibile. In questo capitolo, esaminiamo alcuni casi esemplari di economia circolare nel settore edilizio, in cui il riciclo e l'utilizzo di materiali naturali non solo riducono l'impatto ambientale, ma promuovono anche l'efficienza delle risorse e l'innovazione nel ciclo produttivo.

Caso 1: Riciclo di imballaggi in sughero e legno per la produzione di materiali isolanti termici e acustici per edifici

Il processo di riciclo degli imballaggi in sughero e legno per la produzione di materiali isolanti termici e acustici per edifici rappresenta un'innovativa soluzione per ridurre l'impatto ambientale derivante dalla gestione dei rifiuti. Questa pratica sfrutta le proprietà naturali del sughero e del legno, materiali biodegradabili e a basso impatto ambientale. Gli imballaggi di sughero e legno vengono recuperati e trasformati in materiali isolanti che offrono prestazioni termiche e acustiche eccellenti per gli edifici, contribuendo così a ridurre i consumi energetici e le emissioni di gas serra associati al riscaldamento e al raffreddamento degli ambienti.

Caso 2: Produzione di mattoni con una miscela di calce e canapa

Un altro esempio di best practice è rappresentato dalla produzione di mattoni utilizzando una miscela di calce e canapa. Questa combinazione di materiali non solo offre prestazioni strutturali elevate, ma ha anche effetti positivi sull'ambiente interno degli edifici. La canapa, oltre a essere un materiale rinnovabile, ha proprietà ignifughe e purificanti che contribuiscono a migliorare la sicurezza e la qualità dell'aria negli ambienti interni. L'uso di questa miscela consente inoltre di evitare l'impiego di diverse sostanze nocive, promuovendo un'edilizia più sostenibile.



Figura 11: Mattoni con una miscela di calce e canapa

Recentemente, con l'iniziativa della Commissione Europea denominata New European Bauhaus è stata creata un'alleanza nel settore del legno volte ad esplorare l'utilizzo di nuovi materiali "bio-based" e a promuovere soluzioni innovative per un ambiente costruito sostenibile. L'alleanza nel settore del legno della New European Bauhaus ha lanciato Wood4Bauhaus, una piattaforma per raggiungere tutti gli stakeholder del settore edilizio, con

l'intenzione di trasformare l'ambiente costruito in un modello circolare e inclusivo che possa contrastare il cambiamento climatico.

10. Conclusioni

In Alto Adige esistono l'interesse e la volontà di implementare una strategia per l'economia circolare, specialmente in un settore chiave come quello dell'edilizia, come testimoniato sia a livello politico con la Provincia, sia a livello economico tra i principali attori industriali. Ad esempio, l'economia circolare come modello da diffondere nel territorio trova corrispondenza con quanto delineato in altri documenti fondamentali della Provincia come il Piano Clima 2040 e la RIS3 che compongono un quadro più ampio a livello di innovazione, decarbonizzazione e sviluppo sostenibile.

Per quanto riguarda l'edilizia come settore economico nel suo complesso, l'attenzione alla circolarità si riscontra in una serie di buone pratiche in diverse aziende, così come nella volontà nell'aumentare la percentuale di calcestruzzo riciclata negli appalti pubblici, laddove tecnicamente possibile, ben oltre il 5% già espresso dai CAM a livello nazionale.

Dopo aver descritto il potenziale dell'economia circolare in Alto Adige, il settore edile e il contesto normativo, questo report si è focalizzato sull'analisi dei materiali nel settore delle costruzioni avvalendosi di dati e documenti scientifici e del confronto con esperti/esperte del settore. L'analisi SWOT che è stata prodotta ha evidenziato i punti di forza e di debolezza dei materiali, mostrando anche i rischi e le opportunità che esistono, al fine di comprendere meglio le dinamiche che possono portare ad un aumento della circolarità nell'edilizia. Ad esempio, a livello di potenzialità di riutilizzo, i materiali inerti sono più facilmente riciclabili in Alto Adige, mentre ciò non si può dire per quelli non inerti, per i quali non esiste ancora una massa critica tale da creare un mercato per i prodotti riciclati. A questo si aggiunge una carenza di infrastrutture per la lavorazione e la discarica (smontaggio, trattamento, riciclo) e un elevato costo della manodopera, e spesso questi materiali vengono portati altrove per essere smaltiti (spesso in Austria o in regioni contigue come Veneto e Lombardia).

Ulteriori necessità di intervento emerse dalla SWOT si riscontrano nella necessità di progettare i componenti degli edifici in maniera più attinente ai principi dell'eco-design, garantendo quindi una maggiore facilità nello smontaggio e nel riutilizzo, attraverso collaborazioni più strette tra tecnici e progettisti. Inoltre, le attività di riciclo dovrebbero essere integrate maggiormente con quelle di demolizione selettiva per avere una quantità maggiore di materiali riciclati in modo più efficiente e sicuro.

Quanto emerso dall'analisi SWOT è servito come base per le misure proposte nel capitolo 7, divise per materiali, e per i *key performance indicator* nel capitolo 8, categorizzati secondo gli aspetti di circolarità da monitorare.

Il presente documento fornisce dunque una base per i decisori politici a livello provinciale per attuare misure e politiche concrete per una strategia di economia circolare in Alto Adige.

Infine, si vuole sottolineare come la scarsa accessibilità, la frammentazione e, in alcuni casi divergenza, di dati disponibili sia un limite di questo studio. Si ritiene che parte di questi dati, derivanti da elaborazioni basate su ipotesi, debbano essere oggetto di uno studio più approfondito, affinché si possa delineare in maniera quanto più precisa il consumo di risorse, la produzione di rifiuti e le possibilità di miglioramento quantitativo della filiera del riciclo legata all'edilizia nel territorio altoatesino. Allo stesso modo è auspicabile che l'intero tracciamento dei rifiuti in futuro avvenga in maniera sempre più dettagliata e accessibile al

pubblico, così che sia il legislatore sia la cittadinanza possano fruire delle informazioni e, grazie ad esse, intraprendere azioni virtuose.

11. Fonti

- [1] European Commission e Directorate-General for Communication, *Circular economy action plan – For a cleaner and more competitive Europe*. Publications Office of the European Union, 2020. doi: 10.2779/05068
- [2] ESPON, Interact, Interreg Europe, e URBACT, «Pathways to a circular economy in cities and regions». 2016. Disponibile su: https://urbact.eu/sites/default/files/policy_brief_on_circular_economy.pdf
- [3] K. Richardson *et al.*, «Earth beyond six of nine planetary boundaries», *Science Advances*, vol. 9, fasc. 37, p. eadh2458, set. 2023, doi: 10.1126/sciadv.adh2458
- [4] Ellen MacArthur Foundation, «Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe», 2015. Disponibile su: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [5] Fraunhofer Institute, «Innovation und Forschung Südtirol 2030», 2021, Disponibile su: <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/458906>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [6] Repubblica d'Austria, «Österreichische Strategie zur Kreislaufwirtschaft». Disponibile su: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [7] G. Bressanelli, N. Saccani, D. C. A. Pigosso, e M. Perona, «Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda», *Sustainable Production and Consumption*, vol. 23, pp. 174–188, lug. 2020, doi: 10.1016/j.spc.2020.05.007
- [8] P. Morsetto, «Targets for a circular economy», *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 153, p. 104553, feb. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104553
- [9] M. Camilleri, «Closing the loop for resource efficiency, sustainable consumption and production: a critical review of the circular economy», *IJSD*, vol. 1, fasc. 1, p. 1, 2018, doi: 10.1504/IJSD.2018.10012310
- [10] Ellen MacArthur Foundation, «The butterfly diagram: visualising the circular economy», 2019. Disponibile su: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [11] OECD, *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*. OECD, 2001. doi: 10.1787/9789264189867-en. Disponibile su: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/extended-producer-responsibility_9789264189867-en. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [12] W. Vermeulen *et al.*, *WHITE PAPER on Pathways for Extended Producer Responsibility on the road to a Circular Economy*. 2021. doi: 10.13140/RG.2.2.11527.93602
- [13] A. Orasmaa, L. Laurila, e H. Liimatainen, «Rethinking ownership. Producer ownership models in a circular economy», 2020, Disponibile su: <https://media.sitra.fi/app/uploads/2020/12/rethinking-ownership.pdf>
- [14] McKinsey Global Institute, «Risk, resilience, and rebalancing in global value chains», 2020. Disponibile su: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/risk-resilience-and-rebalancing-in-global-value-chains#. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [15] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta provinciale n. 595 nella seduta del 18 luglio 2023: Approvazione del Piano Clima Alto Adige 2040», 2023. Disponibile su: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/231000/delibera_18_luglio_2023_n_595.aspx. [Consultato: 28 maggio 2024]

- [16] «Lexbrowser - Delibera 18 luglio 2023, n. 595». Disponibile su: https://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/231000/delibera_18_luglio_2023_n_595.aspx. [Consultato: 7 ottobre 2024]
- [17] «Piano sociale provinciale 2030», *issuu*. Disponibile su: https://issuu.com/landsuedtirol-provinciabolzano/docs/piano_sociale_provinciale_2030. [Consultato: 18 settembre 2024]
- [18] «Piano provinciale per una mobilità sostenibile | Progetti della mobilità». Disponibile su: <https://mobilita.provincia.bz.it/it/progetti/piano-provinciale-per-una-mobilita-sostenibile>. [Consultato: 18 settembre 2024]
- [19] «Programma provinciale per lo sviluppo del turismo 2030+», *issuu*. Disponibile su: https://issuu.com/landsuedtirol-provinciabolzano/docs/1652350509_ltek_it_web_final. [Consultato: 18 settembre 2024]
- [20] «Waldagenda2030_IT.pdf». Disponibile su: https://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/servizio-forestale-forestali/downloads/Waldagenda2030_IT.pdf. [Consultato: 18 settembre 2024]
- [21] «567816_Agricoltura2030_it_pdf.pdf». Disponibile su: https://assets-eu-01.kc-usercontent.com/787a0907-db8e-01b4-1d53-09d7e342892f/2d612574-b88e-4742-94aa-015bd2458b74/567816_Agricoltura2030_it_pdf.pdf. [Consultato: 18 settembre 2024]
- [22] CasaClima, «Classi Energetici D - G», 2024. Disponibile su: <https://www.agenziacasaclima.it/it/certificazione-edifici/classi-casaclima/classi-energetici-d-g-1469.html>. [Consultato: 30 maggio 2024]
- [23] Commissione Europea, «Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products», 2009. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/125/oj>
- [24] Provincia Autonoma di Bolzano, «Innovazione e ricerca Alto Adige 2030 Smart Specialisation Strategy (RIS3) della Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige», 2021. Disponibile su: https://www.provincia.bz.it/innovazione-ricerca/innovazione-ricerca-universita/downloads/Innovazione_e_ricerca_Alto_Adige_2030_RIS3.pdf. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [25] ISTAT, «Principali aggregati territoriali di Contabilità Nazionale: valore aggiunto per branca di attività», 2024. Disponibile su: http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCCN_PILT
- [26] F. Krausmann *et al.*, «Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, p. 201613773, feb. 2017, doi: 10.1073/pnas.1613773114
- [27] Collegio Costruttori Alto Adige, «Tätigkeitsbericht 2022». 2023.
- [28] Global Alliance of Buildings and Construction, «2021 Global Status Report for Buildings and Construction», *UNEP - UN Environment Programme*, 19 ottobre 2021. Disponibile su: <http://www.unep.org/resources/report/2021-global-status-report-buildings-and-construction>. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [29] Commissione Europea, «Construction and demolition waste», 2024. Disponibile su: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [30] Commissione Europea, «Buildings and construction», 2024. Disponibile su: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/buildings-and-construction_en. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [31] V. Augiseau e S. Barles, «Studying construction materials flows and stock: A review», *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 123, pp. 153–164, ago. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.09.002

- [32] D. Guo e L. Huang, «The State of the Art of Material Flow Analysis Research Based on Construction and Demolition Waste Recycling and Disposal», *Buildings*, vol. 9, fasc. 10, Art. fasc. 10, ott. 2019, doi: 10.3390/buildings9100207
- [33] J. Bastos e L. Rosado, «Regional Metabolism: A Material and Product Flow Accounting Model for Trentino, Italy», in *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*, A. Bisello, D. Vettorato, M. Bottero, e D. Kolokotsa, A c. di, in Green Energy and Technology. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 47–59. doi: 10.1007/978-3-031-39206-1_4. Disponibile su: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-39206-1_4. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [34] C. Sendra, X. Gabarrell, e T. Vicent, «Material flow analysis adapted to an industrial area», *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, fasc. 17, pp. 1706–1715, nov. 2007, doi: 10.1016/j.jclepro.2006.08.019
- [35] T. E. Graedel, «Material Flow Analysis from Origin to Evolution», *Environ. Sci. Technol.*, vol. 53, fasc. 21, pp. 12188–12196, nov. 2019, doi: 10.1021/acs.est.9b03413
- [36] W. Wang, D. Jiang, D. Chen, Z. Chen, W. Zhou, e B. Zhu, «A Material Flow Analysis (MFA)-based potential analysis of eco-efficiency indicators of China's cement and cement-based materials industry», *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, lug. 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.06.103
- [37] ASTAT, «Attività edilizia e recuperi edilizi in Alto Adige (Dati provvisori) - 2022», *Istituto provinciale di statistica*, 2022. Disponibile su: https://astat.provincia.bz.it/it/news-pubblicazioni-info.asp?news_action=4&news_article_id=678709. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [38] N. Heeren e S. Hellweg, «Tracking Construction Material over Space and Time: Prospective and Geo-referenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows», *Journal of Industrial Ecology*, vol. 23, fasc. 1, pp. 253–267, 2019, doi: 10.1111/jiec.12739
- [39] L. Schebek *et al.*, «Material stocks of the non-residential building sector: the case of the Rhine-Main area», *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 123, pp. 24–36, ago. 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.06.001
- [40] ENEA, «Le detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti», 2023. Disponibile su: <https://www.efficientaenergetica.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=619&catid=9&Itemid=101>. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [41] C. Zandonella Callegher, G. Grazieschi, E. Wilczynski, U. Filippi Oberegger, e S. Pezzutto, «Assessment of Building Materials in the European Residential Building Stock: An Analysis at EU27 Level», *Sustainability*, vol. 15, p. 8840, mag. 2023, doi: 10.3390/su15118840
- [42] Danish Government, «Strategy for Circular Economy. More value and better environment through design, consumption, and recycling», 2018.
- [43] W. Wuyts, A. Miatto, K. Khumvongsa, G. Jing, P. Aalto, e L. Huang, «How Can Material Stock Studies Assist the Implementation of the Circular Economy in Cities?», *Environmental Science & Technology*, vol. 56, nov. 2022, doi: 10.1021/acs.est.2c05275
- [44] X. Yang, M. Hu, C. Zhang, e B. Steubing, «Urban mining potential to reduce primary material use and carbon emissions in the Dutch residential building sector», *Resources Conservation and Recycling*, vol. 180, p. 106215, mag. 2022, doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106215
- [45] Commissione Europea, «Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives», 2008. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/2018-07-05>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [46] Commissione Europea, «Reporting on material recovery of C&D waste Guidance for the reporting of the data according to Commission Decision 2011/753/EU and Commission Implementing Decision (EU) 2019/1004», 2022, Disponibile su: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351811/C%26D+-+Guidance+on+Construction+and+Demolition+waste+reporting.pdf/6063625b-e9f0-8d24-be25-c3fa88aed0f1?t=1622469335376>

- [47] Commissione Europea, «Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste», 2018. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [48] Commissione Europea, «Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC», 2011. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/305/oj>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [49] European Commission Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, «EU Construction & Demolition Waste Management Protocol», 2016, Disponibile su: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/>
- [50] European Commission Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, «Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings», 2018, Disponibile su: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/>
- [51] Commissione Europea, «Circular economy principles for building design», 2020, Disponibile su: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>
- [52] Commissione Europea, «Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)», 2010. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [53] Commissione Europea, «Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast)», 2023. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [54] Commissione Europea, «Regulation (EU) No 995/2010 of the European Parliament and of the Council of 20 October 2010 laying down the obligations of operators who place timber and timber products on the market». Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2010/995/oj>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [55] Ministero della Transizione Ecologica, «Decreto Ministeriale n.342 del 19 settembre 2022», 2022. Disponibile su: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/DM_342_del_19_settembre_2022_Adozione_del_cronoprogramma_della_Strategia_nazionale_per_l'E2%80%99economia_circolare.pdf. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [56] Repubblica Italiana, «Legge n. 221 del 28 dicembre 2015: Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali», 2015. Disponibile su: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/1/18/16G00006/sg>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [57] Repubblica Italiana, «Decreto Legislativo n.116 del 3 settembre 2020: Attuazione della direttiva (UE) 2018/851 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti e attuazione della direttiva (UE) 2018/852 che modifica la direttiva 1994/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio», 2020. Disponibile su: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/09/11/20G00135/sg>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [58] Repubblica Italiana, «Decreto Legislativo n.192 del 19 agosto 2005: Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia», 2005. Disponibile su: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2005;192~art4-com1>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [59] Repubblica Italiana, «Decreto Legislativo n.102 del 4 luglio 2014: Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE», 2014. Disponibile su: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>. [Consultato: 28 maggio 2024]

- [60] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, «Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni», 2018. Disponibile su: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/2/20/18A00716/sg>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [61] Ministero della Transizione Ecologica, «Criteri Ambientali Minimi per l’Affidamento del Servizio di Progettazione ed Esecuzione dei Lavori di Interventi Edilizi», 2022. Disponibile su: https://gpp.mite.gov.it/sites/default/files/2022-08/GURI_183_06_08_22_Allegato_Edilizia.pdf. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [62] Ministero della Transizione Ecologica, «Decreto n.152 del 27 settembre 2022: Regolamento che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale, ai sensi dell’articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana», 2022. Disponibile su: https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2022-10-20&atto.codiceRedazionale=22G00163&elenco30giorni=false. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [63] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale 01.02.1999, n. 285, aggiornamento del “Piano gestione rifiuti 2000” (cap. 5, 7 e 9)», *Agenzia provinciale per l’ambiente e la tutela del clima*, 1999. Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/servizi/servizi-legislazione-intersettoriale-settoriale.asp?publ_action=4&publ_article_id=310565. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [64] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale 18.07.2005, n. 2594, approvazione del 2° aggiornamento del “Piano di gestione dei rifiuti 2000” (capitolo 5, 7 e 9)», *Agenzia provinciale per l’ambiente e la tutela del clima*, 2005. Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/servizi/servizi-legislazione-intersettoriale-settoriale.asp?publ_action=4&publ_article_id=310563. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [65] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale del 20.12.2016, n. 143, approvazione 3° aggiornamento del “Piano di gestione dei rifiuti 2000” (capitoli 5 e 7)», *Agenzia provinciale per l’ambiente e la tutela del clima*, 2016. Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/servizi/servizi-legislazione-intersettoriale-settoriale.asp?publ_action=4&publ_article_id=323541. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [66] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale del 26 settembre 2017, n. 1028, Piano gestione dei rifiuti speciali della Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige», *Agenzia provinciale per l’ambiente e la tutela del clima*, 2017. Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/servizi/servizi-legislazione-intersettoriale-settoriale.asp?publ_action=4&publ_article_id=343959. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [67] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta provinciale del 28 dicembre 2021, n. 1139, approvazione del 4. aggiornamento del “Piano di gestione dei rifiuti 2000”», *Agenzia provinciale per l’ambiente e la tutela del clima*, 2021. Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/servizi/servizi-legislazione-intersettoriale-settoriale.asp?publ_action=4&publ_article_id=436790. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [68] Provincia Autonoma di Bolzano, «Legge provinciale 26 maggio 2006, n. 4 - La gestione dei rifiuti e la tutela del suolo», 2006. Disponibile su: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/lp-2006-4/legge_provinciale_26_maggio_2006_n_4.aspx?view=1%22%20\t%20%22_blank. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [69] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale Nr. 513 Seduta nel 14/07/2020 - Linee guida tecniche per la realizzazione e la gestione dei centri di raccolta dei rifiuti», 2020. Disponibile su: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/220420/delibera_14_luglio_2020_n_513.aspx. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [70] Provincia Autonoma di Bolzano, «Decreto del presidente della Giunta Provinciale 16 dicembre 1999, n.69. Regolamento relativo al recupero di materiali da costruzione e demolizione e per la

- qualità dei materiali edili riciclati», 16 dicembre 1999. Disponibile su: <http://assets.gestione-rifiuti.it/legislazione-regionale/TrentinoAltoAdige/BOLZANO-Decreto-del-Presidente-della-Giunta-Provinciale-16-dicembre-1999,n.69.pdf>. [Consultato: 30 maggio 2024]
- [71] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale Nr. 398 Seduta nel 11/04/2017 - Linee Guida sulla qualità e l'utilizzo dei materiali riciclati», 2017. Disponibile su: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/207239/delibera_11_aprile_2017_n_398.aspx. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [72] Provincia Autonoma di Bolzano, «Deliberazione della Giunta Provinciale Nr. 1030 Seduta nel 27/09/2016 - Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati», *Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima*, 2016. Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/servizi/servizi-legislazione-intersectoriale-settoriale.asp?publ_action=4&publ_article_id=317917. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [73] Provincia Autonoma di Bolzano, «Legge provinciale 10 luglio 2018, n. 9, Territorio e Paesaggio», 2018. Disponibile su: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/212899/legge_provinciale_10_luglio_2018_n_9.aspx?q=foreste+legno&a=&n=&in=&na=. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [74] IFEU e SYNECO, «Recupero dei materiali di demolizione di CaseClima», 2012, Disponibile su: https://ambiente.provincia.bz.it/downloads/Progetto_demolizione_Casaclima.pdf
- [75] «Die KlimaHaus Klassen». Disponibile su: <https://www.klimahaus.it/de/gebaeudezertifizierung/klimahaus-klassen-1409.html>. [Consultato: 7 ottobre 2024]
- [76] Provincia Autonoma di Bolzano, «Decreto del Presidente della Provincia 20 aprile 2020, n. 161, Prestazione energetica nell'edilizia e bonus energia in attuazione delle direttive europee (UE) 2018/844, 2009/28/CE, 2010/31UE e 2012/27/UE», 2020. Disponibile su: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/it/219301/decreto_del_presidente_della_provincia_20_aprile_2020_n_16.aspx. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [77] J. Bastos, M. Rizzari, E. Agosti, V. D'Alonzo, C. Hoffmann, e D. Vettorato, «Analisi dello stato dell'arte: Report sui settori e attività produttive per promuovere l'Economia Circolare», Zenodo, ott. 2021. doi: 10.5281/ZENODO.6389393. Disponibile su: <https://zenodo.org/record/6389393>. [Consultato: 27 maggio 2024]
- [78] F. Knappe, A. Diebel, J. Reinhardt, e S. Theis, «Recupero dei materiali di demolizione di CaseClima», Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2012
- [79] N. Pahl e A. Richter, *SWOT Analysis: Idea, Methodology and a Practical Approach*. GRIN Verlag, 2009. Disponibile su: <https://books.google.it/books?id=Tub1VFyFVesC>
- [80] F. R. D. Oliveira, R. F. D. Santos, S. L. B. França, e L. A. D. Rangel, «Strategies and Challenges for the Circular Economy: a Case Study in Portugal and a Panorama for Brazil», *Braz. arch. biol. technol.*, vol. 63, p. e20180646, 2020, doi: 10.1590/1678-4324-2020180646
- [81] H. Xiao, Z. Li, X. Jia, e J. Ren, «Chapter 2 - Waste to energy in a circular economy approach for better sustainability: a comprehensive review and SWOT analysis», in *Waste-to-Energy*, J. Ren, A. c. di, Academic Press, 2020, pp. 23–43. doi: 10.1016/B978-0-12-816394-8.00002-1. Disponibile su: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128163948000021>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [82] L. A. B. Paes, B. S. Bezerra, R. M. Deus, D. Jugend, e R. A. G. Battistelle, «Organic solid waste management in a circular economy perspective – A systematic review and SWOT analysis», *Journal of Cleaner Production*, vol. 239, p. 118086, dic. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118086
- [83] Simon Pezzutto, Roberto Vaccaro, Pietro Zambelli, Farnaz Mosannenzadeh, Daniele Vettorato, e Adriano Bisello, «Deliverable 2.1 SWOT analysis report of the refined concept/baseline», 2015.
- [84] P. Antwi-Afari, S. T. Ng, e Md. U. Hossain, «A review of the circularity gap in the construction industry through scientometric analysis», *Journal of Cleaner Production*, vol. 298, p. 126870, mag. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126870

- [85] B. C. Guerra *et al.*, «Circular economy applications in the construction industry: A global scan of trends and opportunities», *Journal of Cleaner Production*, vol. 324, p. 129125, nov. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129125
- [86] Amr S. Allam, Rafaela Panizza, e Madzak Nik Bakht, «A SWOT Analysis for Deconstruction of the Canadian Built Environment», 2023, Disponibile su: https://www.researchgate.net/publication/374617652_A_SWOT_Analysis_for_Deconstruction_of_the_Canadian_Built_Environment
- [87] A. Sáez-de-Guinoa, D. Zambrana-Vasquez, V. Fernández, e C. Bartolomé, «Circular Economy in the European Construction Sector: A Review of Strategies for Implementation in Building Renovation», *Energies*, vol. 15, fasc. 13, p. 4747, giu. 2022, doi: 10.3390/en15134747
- [88] C. Díaz-López, M. Carpio, M. Martín-Morales, e M. Zamorano, «Defining strategies to adopt Level(s) for bringing buildings into the circular economy. A case study of Spain», *Journal of Cleaner Production*, vol. 287, p. 125048, mar. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125048
- [89] M. Ghobadi e S. Sepasgozar, «Circular economy strategies in modern timber construction as a potential response to climate change», *Journal of Building Engineering*, vol. 77, p. 107229, lug. 2023, doi: 10.1016/j.jobbe.2023.107229
- [90] T. T. H. Do, T. B. T. Ly, N. T. Hoang, e V. T. Tran, «A new integrated circular economy index and a combined method for optimization of wood production chain considering carbon neutrality», *Chemosphere*, vol. 311, fasc. Pt 2, p. 137029, gen. 2023, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137029
- [91] M. R. Cabral e P. Blanchet, «A State of the Art of the Overall Energy Efficiency of Wood Buildings—An Overview and Future Possibilities», *Materials*, vol. 14, fasc. 8, Art. fasc. 8, gen. 2021, doi: 10.3390/ma14081848
- [92] Y. Arkhangelskaya, «Economic assessment of a wood building: Life cycle cost and key stakeholders' decision-making», giu. 2018. Disponibile su: <https://www.semanticscholar.org/paper/Economic-assessment-of-a-wood-building%3A-Life-cycle-Arkhangelskaya/781a836ab2318a11f76981bd97f4536389526b90>. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [93] Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Warsaw, Poland, A. Nicał, K. Sikora, e University of Wollongong in Dubai, Faculty of Engineering and Information Sciences, Dubai, UAE, «Application of Wooden Modular Construction for the Needs of the Elderly», *Oper. Res. Eng. Sci. Theor. Appl.*, vol. 5, fasc. 1, pp. 107–120, apr. 2022, doi: 10.31181/oresta240322121n
- [94] W. Ferdous, Y. Bai, T. D. Ngo, A. Manalo, e P. Mendis, «New advancements, challenges and opportunities of multi-storey modular buildings – A state-of-the-art review», *Engineering Structures*, vol. 183, pp. 883–893, mar. 2019, doi: 10.1016/j.engstruct.2019.01.061
- [95] E. Kylkilahti *et al.*, «A consumer-driven bioeconomy in housing? Combining consumption style with students' perceptions of the use of wood in multi-storey buildings», *Ambio*, vol. 49, fasc. 12, pp. 1943–1957, dic. 2020, doi: 10.1007/s13280-020-01397-7
- [96] A. Alwisy, S. Bu Hamdan, B. Barkokebas, A. Bouferguene, e M. Al-Hussein, «A BIM-based automation of design and drafting for manufacturing of wood panels for modular residential buildings», *International Journal of Construction Management*, vol. 19, fasc. 3, pp. 187–205, mag. 2019, doi: 10.1080/15623599.2017.1411458
- [97] «[PDF] Regelung der Altholzbehandlung in Italien, Deutschland, Österreich und in der Schweiz - Free Download PDF». Disponibile su: <https://silo.tips/download/regelung-der-altholzbehandlung-in-italien-deutschland-sterreich-und-in-der-schwe>. [Consultato: 29 agosto 2024]
- [98] C. Mostert, H. Sameer, D. Glanz, e S. Bringezu, «Climate and resource footprint assessment and visualization of recycled concrete for circular economy», *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 174, p. 105767, nov. 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105767

- [99] F. Colangelo, T. G. Navarro, I. Farina, e A. Petrillo, «Comparative LCA of concrete with recycled aggregates: a circular economy mindset in Europe», *Int J Life Cycle Assess*, vol. 25, fasc. 9, pp. 1790–1804, set. 2020, doi: 10.1007/s11367-020-01798-6
- [100] M. Ma, V. Tam, K. Le, e O.-K. Robert, «Factors affecting the price of recycled concrete: A critical review», *Journal of Building Engineering*, vol. 46, p. 103743, nov. 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2021.103743
- [101] Provincia Autonoma di Bolzano, «SDG 12 - Consumo e produzione responsabile - Riciclo materiali», 2024. Disponibile su: <https://sostenibilita.provincia.bz.it/it/progetti/recycling-von-materialien>. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [102] «UNI-EN-206.pdf». Disponibile su: <https://www.attardigroup.it/sites/default/files/certificazioni/norme-calcestruzzo/UNI-EN-206.pdf>. [Consultato: 25 ottobre 2024]
- [103] «atecap_corretta_prescrizione_cls.pdf». Disponibile su: https://www.atecap.it/download/atecap_corretta_prescrizione_cls.pdf. [Consultato: 25 ottobre 2024]
- [104] Holcim (Schweiz) AG, «Technische und normative Grundlagen des Recyclingbetons», 2022. Disponibile su: https://www.holcim.ch/sites/switzerland/files/2023-08/221118_hch_grundlagen_recyclingbeton_2022_a4_dep.pdf. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [105] Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., «Re-use und Recycling von Ziegeln. Status quo und Perspektiven», 2020.
- [106] J. Fořt e R. Černý, «Transition to circular economy in the construction industry: Environmental aspects of waste brick recycling scenarios», *Waste management (New York, N.Y.)*, vol. 118, pp. 510–520, set. 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.09.004
- [107] A. L. Murmu e A. Patel, «Towards sustainable bricks production: An overview», *Construction and Building Materials*, vol. 165, pp. 112–125, mar. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.038
- [108] C. Wong, K. H. Mo, Y. Soon Poh, U. J. Alengaram, e T.-C. Ling (Bill), «Potential use of brick waste as alternate concrete-making materials: A review», *Journal of Cleaner Production*, vol. 195, mag. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.193
- [109] Z. He *et al.*, «Research progress on recycled clay brick waste as an alternative to cement for sustainable construction materials», *Construction and Building Materials*, vol. 274, p. 122113, mar. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.122113
- [110] Baukollegium Sudtirol, «Bauschutt - Entstehung und Wiederverwertung», 2022. Disponibile su: https://www.youtube.com/watch?v=K4ruK0e6wRk&ab_channel=Baukollegium-CollegioCostruttori. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [111] «NSSGAGreenhouseGasEmissionsReport04-26-21.pdf». Disponibile su: <https://www.nssga.org/sites/default/files/2021-05/NSSGAGreenhouseGasEmissionsReport04-26-21.pdf>. [Consultato: 29 agosto 2024]
- [112] Government of United Kingdom, «Environmental taxes, reliefs and schemes for businesses», *GOV.UK*, 2024. Disponibile su: <https://www.gov.uk/green-taxes-and-reliefs/aggregates-levy>. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [113] ARPA Lombardia, «Market Inerti», 2024. Disponibile su: <https://marketinerti.arpalombardia.it/home>. [Consultato: 30 maggio 2024]
- [114] UNI Ente Italiano di Normazione, «Guida al mondo normativo e legislativo del vetro per edilizia», 2022.
- [115] admin, «Recycling of end-of-life building glass», *Glass for Europe*, 5 giugno 2013. Disponibile su: <https://glassforeurope.com/recycling-of-end-of-life-building-glass/>. [Consultato: 29 maggio 2024]
- [116] Deloitte Sustainability, «Economic study on recycling of building glass in Europe», 2016. Disponibile su: <https://www.glassforeurope.com/wp-content/uploads/2018/04/Economic-study-on-recycling-of-building-glass-in-Europe-Deloitte.pdf>. [Consultato: 29 maggio 2024]

- [117] K. Sadowski, «Comparison of the Carbon Payback Period (CPP) of Different Variants of Insulation Materials and Existing External Walls in Selected European Countries», *Energies*, vol. 16, fasc. 1, Art. fasc. 1, gen. 2023, doi: 10.3390/en16010113
- [118] M. Stauder, «Holzströme in Südtirol», 2012. Disponibile su: <https://docplayer.org/115353496-Holzstroeme-in-suedtirol-2012.html>. [Consultato: 28 maggio 2024]
- [119] Assoimprenditori Alto Adige, «Legno: rafforzare la nostra risorsa. Charta-Legno 2015-2020». 2015. Disponibile su: https://www.proramus.com/smartedit/documents/content/sub/_published/TIS_charta_IT_einzelseiten.pdf
- [120] «Material flows and resource productivity - Eurostat». Disponibile su: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/information-data/material-flows-resource-productivity>. [Consultato: 1 agosto 2024]
- [121] EUROSTAT, «Enterprises by NUTS 2 regions and NACE Rev.2 activity». Eurostat, 2024. doi: 10.2908/SBS_R_NUTS2021. Disponibile su: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/SBS_R_NUTS2021. [Consultato: 1 agosto 2024]
- [122] «Energy accounts - Eurostat». Disponibile su: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/information-data/energy-accounts>. [Consultato: 1 agosto 2024]
- [123] EUROSTAT, «Circular material use rate by material type». Eurostat, 2022. doi: 10.2908/ENV_AC_CURM. Disponibile su: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ENV_AC_CURM. [Consultato: 1 agosto 2024]