



# GLACIERREPORT

N. 01/2019

Südtirol - Alto Adige

Sonderdruck zum Climareport Nr. 285 / supplemento al Climareport n.285

## LANGENFERNER VEDRETTA LUNGA

HAUSHALTSJAHR 2017 / 2018 ANNO IDROLOGICO

### Abstract

Langenferner - Vedretta Lunga (I4L00112128) is a north-east exposed glacier located in the Ortles-Cevedale Group at the head of the Martello Valley in South Tyrol, Italy. It is one of the many glaciers which descend from the Mount Cevedale (3769 m). The present Glacierreport describes the results of the mass balance studies on the Langenferner - Vedretta Lunga glacier for the balance year 2017/2018. On behalf of the laser scanner survey of September 2013 a glacier extends from 3370 m to 2710 m a.s.l. and an area of 1,6 km<sup>2</sup> are considered.

The mass balance measurements and analyses are made by the direct glaciological method and were carried out by the Institute of Atmospheric and Cryospheric Sciences of the University of Innsbruck funded by the Autonomous Province of Bolzano - South Tyrol. To evaluate the maximum mass accumulation on the glacier a winter survey was performed on May 5<sup>th</sup>. The balance year 2017/2018 brought a mass loss of 2534 mm w.e. The winter balance of the Langenferner - Vedretta Lunga glacier was +970 mm w.e., the summer balance -3504 mm w.e. The calculated Equilibrium Line Altitude (ELA) was over the highest point of the glacier. The Accumulation Area Ratio (AAR) was 0,01.

The yearly mean temperature of +4° at the reference weather station of Diga del Gioveretto (1851 m) was 1,2°C higher than the long period mean. The cumulative precipitation of 833 mm was a bit higher than the long period mean.



**Figure 1.** *Stephan Galor collecting the remains of stake 25/11 (picture: Hanna Tussetschläger, 22 August 2018).*

## 1. Einleitung

Der Langenferner ist ein kleiner Talgletscher, gelegen im Talschluss des Martelltals in der Südtiroler Ortlergruppe. Der Gletscher ist Teil der großen zusammenhängenden Gletscherfläche am Cevedale-Massiv, welche neben dem Langenferner noch Fürkele- und Zufallferner, Vedretta de la Mare und Vedretta di Cedec umfasst. Sein genauer Ursprung ist schwierig zu bestimmen, da die exakte räumliche Verteilung des Eisflusses kaum messbar ist, liegt jedoch zwischen Suldenspitze und Drei Kanonen auf etwa 3370 m ü.S. Als Annäherung für die Bestimmung der Gletschergrenzen in den obersten Regionen am Langenferner dient die Neigung/Exposition der Eisoberfläche, die früher aus Stereo-Orthophotos und in jüngerer Zeit (seit 2005) aus hochaufgelösten Laserscan-Geländemodellen abgeleitet wird. Aktuell erstreckt sich der Langenferner über einen Höhenbereich von ca. 660 m bei einer Medianhöhe von 3143 m und einem niedrigsten Punkt auf 2711 m (Daten 2013). Die vergletscherte Fläche beträgt nach Auswertungen einer luftgestützten Laserscanvermessung vom 22. September 2013 etwa 1,6 km<sup>2</sup>. Im Zuge einer Vermessung mit Bodenradar im Mai 2010 konnte das Volumen des Gletschers auf etwa 0,08 km<sup>3</sup> geschätzt werden, wobei die etwa 130 m mächtige dickste Stelle des Gletschers im östlichen Teil des Beckens zwischen der Casati Hütte und den Drei Kanonen lokalisiert wurde. Im Zeitraum seit der Radarmessung hat der Gletscher allerdings rund elf Prozent des damaligen Volumens verloren.

Seit dem Jahre 2004 sind die Massenänderungen am Langenferner Inhalt intensiver glaziologischer Untersuchungen welche nun vom Institut für Atmosphären und Kriosphärenwissenschaften der Universität Innsbruck (ACINN), bis 2011 vom Institut für Geographie und 2012-2014 vom Institut für Meteorologie und Geophysik derselben Uni, im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol durchgeführt werden. Seit dem Haushaltsjahr 2017/18 werden die Messungen über das Interreg-VA Italien-Österreich Projekt GLISTT finanziert, welches von der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit EURAC-Research und der Agentur für Bevölkerungsschutz der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol durchgeführt wird.

Die Bestimmung des Massenhaushaltes am Langenferner erfolgt unter Anwendung der direkten glaziologischen Methode. Die Ablation (Massenverlust) des Gletschers wird mit Hilfe von ins Eis eingebohrten Pegelstangen gemessen. Die Messung der Akkumulation (Massengewinn) erfolgt einerseits über Schneeschächte, in denen die Dichte des angesammelten Schnees bestimmt wird, andererseits über Sondierungen der Schneehöhe, welche Aufschluss über die Flächenverteilung der Schneedecke geben.

Die Messungen am Langenferner umfassen somit sowohl die Winterbilanz (1. Oktober bis 30. April des Folgejahres), als auch die Massenbilanz über das gesamte hydrologische Haushaltsjahr vom 1. Oktober bis zum 30. September des Folgejahres. Zusätzlich wird die Sommerbilanz als Differenz zwischen Jahresbilanz und Winterbilanz berechnet.

Die Messungen zur Jahresbilanz am Langenferner

## 1. Introduzione

La Vedretta Lunga è un piccolo ghiacciaio vallivo, che si trova in Alto Adige alla testata della Val Martello nel Gruppo dell'Ortles-Cevedale. Assieme alle Vedrette della Forcola, del Cevedale, de La Mare e di Cedec, si tratta di uno dei numerosi ghiacciai che dipartono dalla calotta del Monte Cevedale. Il suo limite superiore è di difficile definizione, si trova tuttavia circa a quota 3370 m tra Cima Solda e i Tre Cannoni. Per identificarlo si è fatto in prima approssimazione riferimento alle carte delle pendenze e delle esposizioni della superficie glaciale; queste erano state in passato derivate attraverso l'analisi stereoscopica delle ortofoto disponibili, quindi dopo il 2005 facendo riferimento al modello digitale del terreno ad alta risoluzione rilevato con tecnologia laser scanner. Attualmente la Vedretta Lunga abbraccia circa 660 m di dislivello con una quota media di 3143 m e un punto più basso di 2711 m (dati 2013). La superficie del ghiacciaio, valutata per mezzo dell'analisi del rilievo laser scanner del 22 settembre 2013, è pari a 1,6 km<sup>2</sup>. A seguito di una campagna di misure georadar effettuata nel maggio 2010 il volume del ghiacciaio è stato stimato pari a circa 0,08 km<sup>3</sup>; il massimo spessore del ghiaccio, di 130 m circa, risulta nella parte orientale del bacino tra il Rifugio Casati e i Tre Cannoni. Si stima tuttavia che nei successivi 5 anni il ghiacciaio abbia perso indicativamente l'11% del proprio volume.

Fin dal 2004 la Vedretta Lunga è oggetto di approfondite campagne di bilancio di massa. Fino al 2011 queste erano state appannaggio dell'Istituto di Geografia (Institut für Geographie) dell'Università di Innsbruck, tra il 2012 e il 2014 è subentrato l'Istituto di Meteorologia e Geofisica (Institut für Meteorologie und Geophysik) e attualmente esse sono svolte dall'Istituto di Scienze Atmosferiche e della Criosfera (ACINN, Institut für Atmosphären und Kriosphärenwissenschaften) della stessa Università, sempre su incarico e in collaborazione con l'Agenzia per la Protezione civile della Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige che è anche il soggetto finanziatore degli studi. Dall'anno di bilancio 2017/18, le misurazioni sono finanziate dal progetto Interreg-VA Italia-Austria GLISTT, che è realizzato dall'Università di Innsbruck in collaborazione con EURAC Research e la stessa Agenzia per la Protezione civile.

La determinazione del bilancio di massa della Vedretta Lunga avviene secondo il metodo glaciologico diretto. L'ablazione (perdita di massa) del ghiacciaio viene computata facendo riferimento a aste infisse nel ghiaccio, le cosiddette paline ablatometriche. La misura dell'accumulo (guadagno di massa) avviene da una parte con le trincee, nelle quali si determina la densità della neve accumulata, e dall'altra attraverso sondaggi di misura dello spessore della neve, che forniscono informazioni sulla sua distribuzione sul ghiacciaio.

Il monitoraggio della Vedretta Lunga comprende la valutazione sia del bilancio invernale (tra l'1 ottobre e il 30 aprile dell'anno successivo), sia di quello di massa riferito a tutto l'anno idrologico (tra l'1 ottobre e il 30 settembre dell'anno successivo). Il bilancio estivo viene determinato per differenza tra bilancio annuale ed invernale.

Il bilancio di massa annuale della Vedretta Lunga viene calcolato facendo riferimento al „Fixed-Date-Methode“. Questo significa che le misure vengono effettuate in un

folgen der „Fixed-Date-Methode“. Dies bedeutet, dass die Messungen möglichst am Ende des hydrologischen Haushaltsjahres erfolgen, beziehungsweise, sollte dies nicht möglich sein, eine entsprechende Korrektur der Messdaten vollzogen wird.

## 2. Wetterrückblick

Das hydrologische Jahr 2017/18 begann einem Oktober, in dem sehr viel „Altweibersommer“ steckte. Oft stabiles Hochdruckwetter sorgte für ungewöhnlich viel Sonnenschein aber auch Trockenheit. Aufgrund kühler Nächte lagen die Temperaturen nur leicht über dem Durchschnitt. Am Langenferner waren einige Millimeter Niederschlag jeweils nur zu Beginn des ersten und des letzten Monatsdrittels zu verzeichnen. Die Temperaturen lagen im ersten Oktoberdrittel im Bereich des langjährigen Mittels bzw. leicht darunter, danach jedoch über dem klimatischen Mittel, vor allem in höheren Lagen. Der November war - sowohl temperaturmäßig als auch was die Niederschlagsmengen betrifft - ein durchschnittlicher Monat. Es gab auch bereits die ersten markanten Schneefälle bis in tiefere Lagen. Der Herbst 2017 der kühlfte seit dem Jahr 2010. Der meteorologische Winter 2017/2018 war in ganz Südtirol schneereich, es sind in etwa doppelt so viele Niederschläge gefallen wie gewöhnlich, was für die Gletscherregion jedoch nicht zutrifft. Hier wurden erst ab dem Frühling überdurchschnittliche Niederschlagsmengen erzielt, die sich jedoch bis ans Ende des hydrologischen Jahres durchzogen. Nach den sehr trockenen Dezembem der letzten Jahre verlief der heurige Monat sehr niederschlagsreich und auch relativ kalt. In ganz Südtirol lagen die Regen- und Schneemengen über dem Durchschnitt, während sich die Temperaturen unter den Mittelwerten befanden. Aufgrund einer Kaltfront verlief der 9. Dezember 2017, in der Höhe eiskalt, im Hochgebirge wurden bis zu  $-24^{\circ}$  gemessen, am Langenferner erreichten die Temperaturen  $-10^{\circ}\text{C}$ . Nach einer klaren Nacht sank die Kälte am 10. Dezember auch in die Täler, verbreitet wurden Minusgrade gemessen. In der Zwischenzeit bildete sich über Westeuropa ein ausgeprägter Tiefdruckkomplex, der von Skandinavien bis nach Nordafrika reichte. Mit Annäherung der damit verbundenen Warmfront drehte der Wind über Südtirol auf Südwest, im Laufe des 10. Dezembers fielen in einigen Landesteilen die ersten Schneeflocken bis in die Täler. Der anschließende Temperaturanstieg mit Plusgraden in mittleren Höhenschichten ging so schnell vonstatten, dass die Luft bodennah noch frostig war, während die Schneefallgrenze sprunghaft auf 1500 bis 2200 m anstieg. So regnete es z.B. in Bozen, Meran, Schlanders, St. Ulrich und Brixen noch stundenlang bei leichten Minusgraden. Dieses Phänomen wird „gefrierender Regen“ oder „Eisregen“ genannt und tritt im gebirgigen Südtirol nur selten auf und schon gar nicht so verbreitet und ausgeprägt wie diesmal. Begleitet wurde das gesamte Wetterereignis von Orkanböen auf den Bergen. Auf der Elferspitze im oberen Vinschgau (2900 m) erreichte der Südwestwind Spitzen bis 158 km/h. Selbst auf der tiefer gelegenen Plose (2500 m) wurden 145 km/h gemessen, das ist neuer Stationsrekord (Messbeginn 2009). Der Jänner war ein wettertechnisch turbulenter Monat. In ganz Südtirol

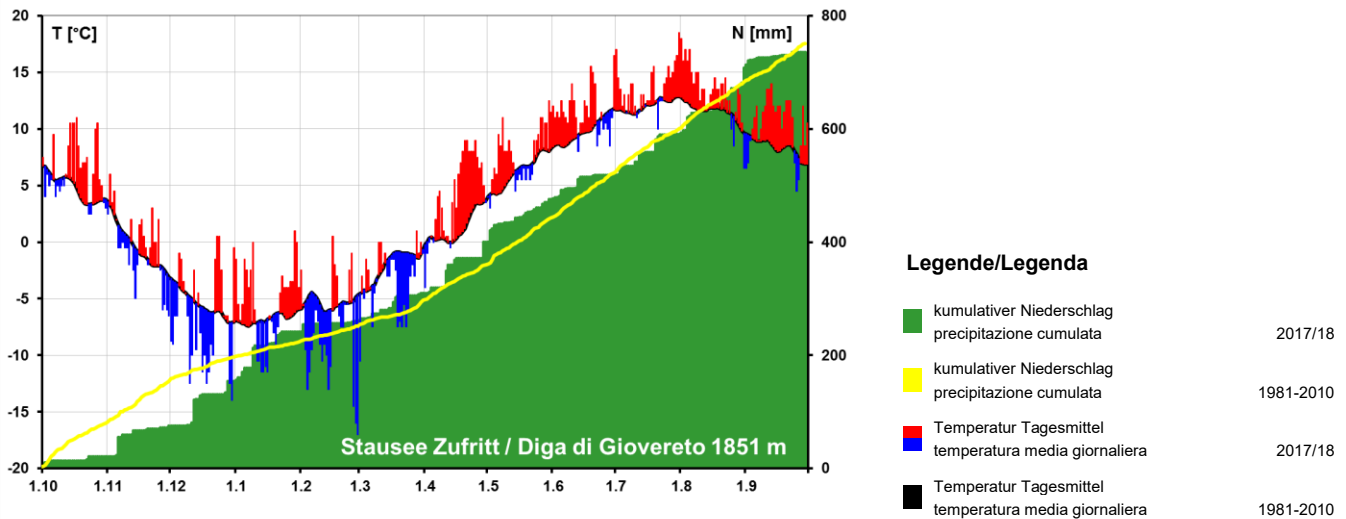
momento quanto più prossimo possibile alla fine dell'anno idrologico oppure, ove questo non fosse possibile, le stesse vengono corrette di conseguenza.

## 2. Analisi meteorologica

L'anno idrologico 2017/18 è iniziato con condizioni di tempo spesso soleggiato con precipitazioni inferiori alle medie. Le temperature medie di ottobre risultano invece solo lievemente sopra la norma a causa del marcato raffreddamento notturno. Sulla Vedretta Lunga si sono registrati pochi millimetri di precipitazione solo all'inizio della prima e dell'ultima decade del mese. Nella prima parte di ottobre le temperature si sono attestate nell'intorno della media pluriennale, o leggermente al di sotto di essa, ma poi sono salite al di sopra della media climatologica, soprattutto alle quote più elevate. Il mese di novembre è stato complessivamente nella norma sia per quanto riguarda le temperature che le precipitazioni. Durante il mese si sono registrate le prime copiose nevicate fino a bassa quota. L'autunno 2017 è stato il più freddo dal 2010. L'inverno meteorologico 2017/2018 è stato poi ricco di neve in tutto l'Alto Adige con precipitazioni circa doppie rispetto a quelle attese. Tuttavia, così non è stato nell'area glaciale. Quantità di precipitazioni superiori alla media sono state qui registrate solo a partire dalla primavera, ma la cumulata delle precipitazioni si è mantenuta sopra la norma fino alla fine dell'anno idrologico. Il mese di dicembre 2017 è stato ricco di precipitazioni e piuttosto freddo, interrompendo la tendenza degli ultimi anni per cui in questo mese le precipitazioni erano generalmente scarse. In tutto l'Alto Adige le precipitazioni nevose e piovose sono state superiori alla norma, mentre le temperature sono state inferiori alla media stagionale. A seguito del transito di un fronte freddo il giorno 9 dicembre 2017 si sono registrati valori termici molto bassi in montagna, fino a  $-24^{\circ}\text{C}$ . Sulla Vedretta Lunga le temperature hanno raggiunto i  $-10^{\circ}\text{C}$ . Dopo una notte serena il freddo ha raggiunto il giorno successivo anche il fondovalle con temperature minime diffusamente negative. Nel frattempo, sull'Europa occidentale si è formato un esteso vortice depressionario esteso dalla Scandinavia al Nord Africa. Con l'avvicinarsi del fronte caldo collegato a questo sistema, le correnti in quota si sono disposte da sudovest, durante il giorno 10 dicembre, su alcuni settori del territorio e i primi fiocchi di neve sono scesi fino in fondovalle. L'arrivo di masse d'aria più miti alle quote medie ha poi causato un repentino innalzamento del limite della neve (fino a 1500-2200 m) e pioggia, pur in presenza di temperature negative nei fondivalle (ad esempio a Bolzano, Merano, Silandro, Ortisei e Bressanone ha continuato a piovere per ore con temperature leggermente sotto lo zero). Questo fenomeno, chiamato „gelicidio“, non avviene frequentemente in Alto Adige, soprattutto con una tale diffusione e durata. L'evento è stato anche accompagnato da venti molto forti: sulla Cima Undici in Alta Val Venosta (2900 m) si sono registrate raffiche da sudovest fino a 158 km/h. Anche più in basso (Plose - 2500 m) si sono raggiunti 145 km/h segnando così il nuovo record della stazione, in funzione dal 2009. Il mese di gennaio è stato, da un punto di vista meteorologico, un mese movimentato. Su tutto l'Alto Adige ci sono state

hat es viel geregnet und geschneit. Trotzdem war es auch ein überdurchschnittlich milder Monat. Die Kombination von ungünstigen meteorologischen und nivologischen Faktoren hat dabei vor allem in Langtaufers und Außerrojen zum spontanen Abgang zahlreicher großer Lawinen geführt. Der Februar war temperaturmäßig ein teils durchschnittlicher, teils zu kalter Monat. Das markanteste Ereignis war eine mehrtägige Kältewelle am Monatsende. Am Langenferner wurden  $-24^{\circ}\text{C}$  gemessen, was beinahe  $20^{\circ}\text{C}$  unter dem langjährigen Mittel sind. Der Niederschlag bewegte sich über dem langjährigen Mittel, somit war der Monat sehr gletscherfreundlich. Der März 2018 war der kälteste März seit fünf Jahren (seit 2013). Besonders kalt verlief dabei der Monatsbeginn, sowohl am 1. als auch am 2. März hat es sogar nochmals bis in sämtliche Täler geschneit. Die Niederschläge waren dabei meist überdurchschnittlich. Der April geht als ungewöhnlich warmer Monat in die Wettergeschichte ein. Die Temperaturen lagen am Langenferner um die  $5^{\circ}\text{C}$  über dem langjährigen Durchschnitt und damit war dieser April Südtirol weit der wärmste seit dem Jahr 2007. Besonders hoch waren die Temperaturen in der zweiten Monatshälfte. Nach dem schneereichen Winter lag auf den Bergen überdurchschnittlich viel Schnee, mit den hohen Temperaturen setzte aber rasch eine starke Schneeschmelze ein. Besonders in den mittleren Höhenlagen um 2000 m ging es dem Schnee schnell an den Kragen. Mit der warmen Luftmasse aus Süden wurde auch häufig Saharastaub bis nach Mitteleuropa transportiert. Im Mai dominierten Südlagen und deshalb war es sehr wechselhaft, aber warm. Es gab kaum einen Tag an dem es nicht irgendwo in Südtirol geregnet hat, zum Teil waren auch schon starke Gewitter dabei. Der Juni war etwas wärmer als im langjährigen Durchschnitt. Trotz lokal starker Gewitter fiel weniger Niederschlag – teils halb so viel – als üblich. Der Juli war temperaturmäßig leicht überdurchschnittlich, wetterbestimmend waren meist Hochdrucklagen zusammen mit einer föhnigen Nordströmung. In der letzten Woche begann eine markante Hitzewelle. Regen und Gewitter gab es weniger als im Durchschnitt. Der August war überdurchschnittlich durchwegs heiß, gewitterreich und dementsprechend nass. Am 25. August ereignete sich im Osten Südtirols zudem ein ungewöhnlicher Wintereinbruch mit kurzzeitigem Schneefall bis ins Hochpustertal. Der meteorologische Sommer 2018 war der dritt- bis viertwärmste Sommer seit Messbeginn im Jahr 1850. Am Gletscher lagen die Temperaturen konstant bis zu  $5^{\circ}$  über dem langjährigen Mittel. Der Neuschnee der Schneefälle in der letzten Augustwoche und am ersten September schmolz im Laufe des abermals deutlich zu warmen Septembers am Langenferner quasi vollständig wieder ab, was zu weiteren deutlichen Massenverlusten in diesem Monat führte. Die Ablationsperiode 2018 dauerte somit mit nur wenigen kurzen Unterbrechungen von Mitte April bis Ende September. Saharastaub auf der Schneeoberfläche beschleunigte die Schmelze bis in den Sommer nachhaltig und wirkte sich schlussendlich auf die Jahresbilanz 2018 ebenfalls negativ aus.

abundante precipitazioni, sotto forma sia di neve sia di pioggia. Ciononostante, è stato un mese con temperature sopra la media. La combinazione di fattori meteorologici e nivologici sfavorevoli ha portato dunque al distacco spontaneo di molte valanghe di grandi dimensioni, soprattutto in Vallelunga e nella zona di Roja di Fuori. Nel mese di febbraio si sono registrate temperature in parte nella norma ed in parte piuttosto fredde. L'evento più significativo è stata un'ondata di freddo durata diversi giorni alla fine del mese. Complessivamente gli apporti di precipitazione sono stati inferiori alle cumulate climatologiche. Sulla Vedretta Lunga sono stati registrati  $-24^{\circ}\text{C}$ , un valore di quasi  $20^{\circ}\text{C}$  al di sotto della media di lungo periodo. Le precipitazioni sono state superiori alla norma, quindi il mese è stato molto favorevole per i ghiacciai. Il mese di marzo 2018 è risultato il più freddo degli ultimi 5 anni. Particolarmente basse sono state le temperature ad inizio mese, con nevicate fino a quote basse il giorno 1 e 2. Le precipitazioni sono state generalmente superiori alla media. Il mese di aprile è stato particolarmente mite. Sulla Vedretta Lunga le temperature sono state infatti superiori di circa  $5^{\circ}\text{C}$  rispetto alle medie di lungo periodo; di fatto si è trattato dell'aprile più caldo dal 2007 in tutto l'Alto Adige. Particolarmente elevati sono stati i valori termici nella seconda parte del mese. Dopo un inverno ricco di precipitazioni nevose le temperature elevate hanno favorito il rapido scioglimento del manto nevoso, in particolare alle quote attorno ai 2000 m. Con le masse d'aria calda da sud è arrivata sull'Europa centrale anche la sabbia dal Sahara, depositatasi poi al suolo in concomitanza con le precipitazioni. Il mese di maggio è stato caratterizzato da una spiccata variabilità e da temperature piuttosto elevate a causa delle correnti da sud. In Alto Adige si sono registrate precipitazioni quasi tutti i giorni con temporali anche di forte intensità. Il mese di giugno è stato più caldo rispetto alla media. Malgrado i temporali, localmente anche forti, le precipitazioni cumulate sono state inferiori alla media. Il mese di luglio è stato caratterizzato dalla presenza di alta pressione e Föhn nelle valli. Le temperature medie sono state lievemente più elevate della media anche grazie all'ondata di caldo delle ultime settimane del mese. Le precipitazioni e i temporali sono stati complessivamente inferiori alla norma. Il mese di agosto è stato caldo, piovoso e con frequenti temporali. Il giorno 25 un'irruzione di aria fredda ha portato neve fino alle quote medio-basse, imbiancando ad esempio anche l'Alta Pusteria. L'estate 2018 è stata la terza-quarta più calda dall'inizio delle misure nel 1850. Sul ghiacciaio, le temperature sono state costantemente fino a  $5^{\circ}\text{C}$  al di sopra delle medie. Il mese di settembre 2018 è stato caratterizzato dalla presenza di alte pressioni, temperature miti e tanto sole. La neve fresca caduta nell'ultima settimana di agosto e nella prima di settembre si è sciolta quasi completamente nel corso di quest'ultimo mese, con temperature sulla Vedretta Lunga decisamente più calde rispetto alla media climatologica, con conseguenti ulteriori significative perdite di massa. Il periodo di ablazione 2018 è quindi durato da metà aprile a fine settembre, solo con poche e brevi interruzioni. La polvere sahariana sulla superficie della neve ha accelerato lo scioglimento in estate e ha quindi avuto un impatto negativo sul bilancio annuale 2018.



**Abbildung 2.** Temperatur und kumulativer Niederschlag im Haushaltsjahr 2017/18 an der Station Stausee Zufritt (1851 m) im Vergleich mit langjährigen Werten.

Somit dürfte so lange das Jahr 2018 für die Gletscher in der Ortler-Cevedale-Gruppe das ungünstigste seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen gewesen sein. Die entscheidende Bedingung dafür war das wärmste Sommerhalbjahr im Ostalpenraum seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen.

### 3. Winterbilanz

Im Rahmen der Winterbilanz werden am Langenferner traditionell vier Schneeschächte an mehr oder weniger fixen Positionen, verteilt über den Gletscher, angelegt. Die entsprechende Begehung erfolgte im Frühjahr 2018 am 5. Mai. Heuer jedoch wurde Schacht 4 im untersten Zungenbereich aufgelassen. Der Schacht wurde in den letzten Jahren bereits mehrfach gletscheraufwärts verlegt. Durch die Nähe zu Schacht 3 und den mittlerweile geringen Flächenanteil im Höhenbereich, den der Schacht repräsentiert, ist der zu erwartende Zusatznutzen des Schachtes gering, wodurch sich der Arbeitsaufwand nicht mehr rechtfertigen lässt. Die mittleren Dichtewerte zur Ermittlung des Wasseräquivalents der Schneedecke lagen zwischen 362 und 418 kg/m<sup>3</sup>.

Neben den Schneeschächten wurden 93 Sondierungen zur Bestimmung der Schneehöhe und deren Verteilung, möglichst gleichmäßig über den Gletscher verteilt, durchgeführt.

Zur flächenhaften Auswertung wurden die bearbeiteten/korrigierten Punktmesswerte zu Höhe, Dichte und folglich Wasseräquivalent der Schneedecke in ein Geographisches Informationssystem übernommen und in die digitale Karte des Gletschers übertragen. In weiterer Folge wurden händisch Linien gleicher Massenbilanz mit 100 kg/m<sup>2</sup> Äquidistanz für die Winterbilanz bzw. 250 kg/m<sup>2</sup> Äquidistanz im Falle der Jahresbilanz generiert. Diese Linien und die Punktwerte wurden digitalisiert und anschließend über die Gletscherfläche extrapoliert. Durch Integration der Bilanzwerte ergibt sich die absolute Massenbilanz für den gesamten Gletscher. Teilt man diese in weiterer Folge durch die Fläche des Gletschers erhält man die mittlere spezifische Bilanz.

**Figura 2.** Andamento di temperatura e precipitazione cumulata alla diga del Giovereto (1851 m) nell'anno idrologico 2017/18, confrontate con i valori climatologici.

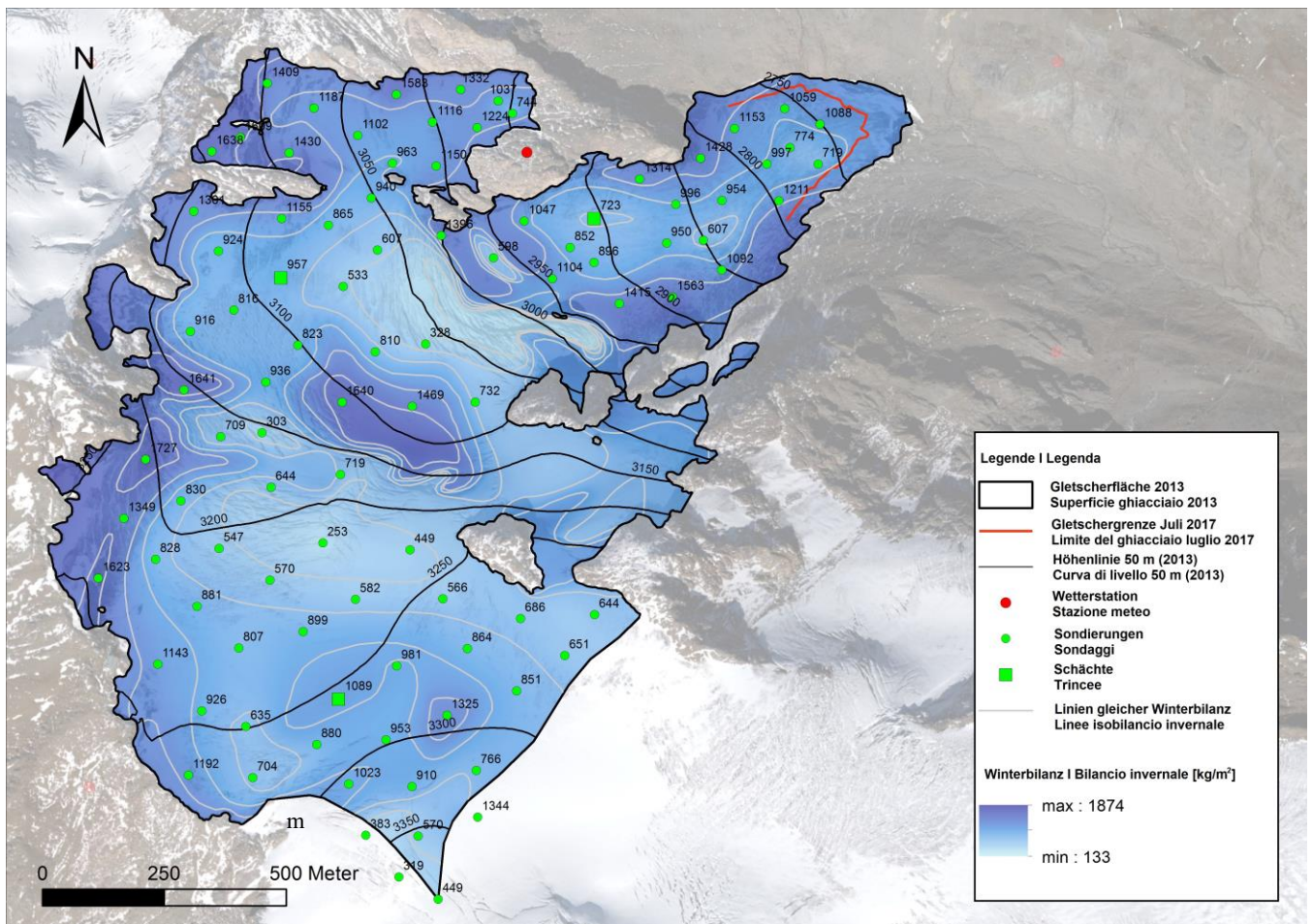
In sintesi, il 2018 è stato fin qui l'anno peggiore per i ghiacciai del gruppo dell'Ortles-Cevedale dall'inizio delle registrazioni meteorologiche. Il fattore decisivo per un risultato tanto negativo è stato il semestre estivo più caldo dall'inizio delle registrazioni meteorologiche nelle Alpi Orientali.

### 3. Bilancio invernale

Le misure per la determinazione del bilancio invernale prevedono sulla Vedretta Lunga quattro trincee, scavate sempre più o meno nelle stesse posizioni. L'uscita di campo è avvenuta nella primavera 2018, il 5 maggio. Quest'anno tuttavia, la trincea 4, scavata tradizionalmente nella parte inferiore della lingua del ghiacciaio, è stata tralasciata. Negli ultimi anni era stata spostata più volte verso quote progressivamente superiori e quindi sempre più prossime alla trincea 3. Si è andata così anche riducendo sempre più l'area glaciale per cui tale trincea era rappresentativa, fino alla situazione attuale, dove il carico di lavoro per scavarla non è più giustificato dal ritorno in termini di affinamento dell'analisi. Le densità medie della neve sulla verticale sono risultate comprese tra 362 e 418 kg/m<sup>3</sup>.

Lo spessore e la distribuzione della neve sulla superficie del ghiacciaio sono stati valutati per mezzo di complessivi 93 sondaggi, omogeneamente distribuiti sulla Vedretta Lunga.

La successiva elaborazione ha visto prima la conversione dei dati di altezza della neve al suolo (misurati e corretti) in valori di equivalente in acqua, facendo riferimento alle densità della neve rilevate, e poi la elaborazione degli stessi su base cartografica digitale in un sistema geografico informatico. Le linee di egual bilancio di massa sono state disegnate a mano con equidistanza di 100 kg/m<sup>2</sup> per il bilancio invernale e 250 kg/m<sup>2</sup> per il bilancio annuale e successivamente digitalizzate e estrapolate su tutta la superficie del ghiacciaio. A ciascuna delle superfici così risultanti è stato imputato il valore medio tra quelli delle isolinee che lo delimitano. Per integrazione su tutta l'area glaciale risulta infine il bilancio di massa specifico medio.



**Abbildung 3.** Langenferner – Winterbilanz Winter 2017/18. Die Punkte markierten die Position der Sondierungen, die Quadrate jene der drei Schächte.

**Figura 3.** Vedretta Lunga – Bilancio invernale 2017/18. I punti mostrano le posizioni di sondaggio, i quadrati quelle delle tre trincee.

Die Verteilung der Schneedecke im Frühjahr 2018 war durchschnittlich. Es traten altbekannte Muster wie die relativ großen Schneehöhen im Lee des Grates zwischen Casati Hütte und Eisseepass, oder die geringen Schneehöhen in den Regionen um Pegel 21 auf. Einzige Auffälligkeit war die ungewöhnlich starke Durchfeuchtung der Schneedecke, welche durch die teils extrem hohen Temperaturen im April erklärbar ist. Den markanten Aprilhorizont – in den oberen Gletscherbereichen überdeckt von einer dicken (40-60 cm) Schneeschicht aus den letzten April- und ersten Maitagen bildete eine ausgeprägte Saharastaubschicht. Die Schneedichte von 360 - 425 kg/m<sup>2</sup> entspricht in etwa dem langjährigen Durchschnitt.

Die Massenrücklage von 2016/17 wurde bei der Erstellung der Winterbilanz insofern berücksichtigt, als dass die Schneelage vom 30.09.2017 auf dem Gletscher von der Schneedecke am 05.05.2018 abgezogen wurde. Ungenauigkeiten ergeben sich hauptsächlich durch fehlende Messpunkte vor allem in den steilen Gletscherbereichen nordwestlich unterhalb der Drei Kanonen und in besonders spaltenreichen Gebieten. Die entsprechenden Flächen sind aber relativ klein und können aufgrund der Beobachtungen während der Begehungen zu einem gewissen Grad eingeschätzt werden.

Größte mögliche Fehlerquellen sind dabei die seit 2013

La distribuzione del manto nevoso nella primavera 2018 è stata nella media. Si sono peraltro presentati i classici schemi di accumulo della neve con altezze relativamente consistenti nelle zone sottovento tra il rifugio Casati e il Passo del Lago Gelato e spessori contenuti nella zona intorno alla palina 21. Particolare è stato invece l'inumidimento insolitamente profondo del manto nevoso, che può essere spiegato dalle temperature a tratti estremamente elevate registrate ad aprile. Lo strato di neve di aprile – nelle zone glaciali superiori coperto da uno spesso strato di neve (40-60 cm) degli ultimi giorni di aprile e dei primi di maggio – risulta evidente in virtù della presenza di polvere sahariana al suo interno. Le densità della neve sono risultate comprese tra 360 - 425 kg/m<sup>2</sup> e corrispondono all'incirca alla media di lungo periodo.

L'accumulo residuo 2016/17 è stato considerato nel computo del presente bilancio invernale sottraendo alla massa nevosa rilevata il 05.05.2018 quella presente sul ghiacciaio alla fine dell'anno idrologico precedente.

Le incertezze nella valutazione dell'accumulo invernale derivano anzitutto dalle zone di ghiacciaio ove non erano disponibili misure dello spessore della neve, ossia dove il ghiacciaio è più ripido e meno accessibile, sotto i Tre Cannoni, e nelle zone più crepacciate. Si tratta tuttavia di aree non particolarmente estese ed è stato peraltro possibile stimare tali dati con sufficiente

nicht mehr angepassten topographischen Grundlagen der Auswertungen, sowie Messfehler bei den Schneehöhensondierungen, vor allem im obersten Gletscherteil.

Folgende Prozesse wurden bei der Erstellung der Winterbilanz nicht berücksichtigt:

- Die Ablation von Eis nach Ende des hydrologischen Haushaltsjahres kann an den untersten Pegeln nicht ausgeschlossen werden, dürfte aber wegen der kleinen betroffenen Flächen und der geringen Beträge kaum eine Rolle gespielt haben.
- Die mögliche Bildung von Aufeis auf dem Eishorizont vom Vorjahr kann nicht quantifiziert werden. Dieser Effekt könnte heuer in den untersten Gletscherbereichen eine Rolle gespielt haben wo die Schneedecke möglicherweise bereits mit Schmelzwasser gesättigt war. Auch hier sind die entsprechenden Flächen auf ca. 10% des Gletschers beschränkt und auch dort würde die entsprechende Unterschätzung der Winterbilanz weniger als 100 kg/m<sup>2</sup> betragen.

Auf dem Langenferner haben sich im Laufe des Winterbilanzjahres 2017/18 rund 1,6 Mio. m<sup>3</sup> (d.h. 1552 Mio. Liter oder 1552 Millionen Kilo) Wasser angesammelt. Die mittlere spezifische **Winterbilanz** 2017/18 beträgt somit **970 mm** Wasseräquivalent.

#### 4. Massenbilanz

Zu Beginn des Haushaltsjahres 2017/18 umfasste das Pegelnetz am Langenferner 31 operationelle Ablationspegel. Die Namensgebung der Pegel erfolgt einerseits über deren Standort (erste Zahl), andererseits über das Jahr in dem der jeweilige Pegel gebohrt wurde (zweite Zahl). Ein eventuell vorhandener Buchstabe nach der ersten Zahl (z.B. 13a/11) weist darauf hin, dass der Pegel aus diversen Gründen nicht an der ursprünglichen Stelle installiert wurde. Das aktuelle Pegelnetz und dessen flächenhafte Verteilung über den Gletscher sind in Abbildung 4. dargestellt.

Der Berechnung der Jahresbilanz über das hydrologische Haushaltsjahr liegen Daten aus vier Feldkampagnen zu Grunde. Neben der Frühjahrsbegehung am 5. Mai 2018 wurden drei Begehungen während des Sommers durchgeführt.

Zur Erstellung der Jahresbilanz 2017/18 standen Bilanzdaten von 31 Messpunkten verteilt über die Gletscherfläche zur Verfügung. Davon 28 im Ablationsgebiet und drei im Akkumulationsgebiet (Schächte). Als zusätzliche Hilfe bei der räumlichen Extrapolation der Messwerte wurden Fotos von den Feldkampagnen verwendet. Die Abschlussbegehung fand am 04. Oktober 2018 statt. Die Massenänderungen bis zum 30. September sind gering und es wird somit auf betreffende Korrekturen verzichtet.

accuratezza grazie alle osservazioni durante i vari sopralluoghi svolti.

Le maggiori fonti di errore derivano dai dati topografici di base utilizzati nelle valutazioni, che non sono stati adattati dal 2013, così come dagli spessori risultanti dai sondaggi della neve, talvolta incerti specialmente nella parte più alta del ghiacciaio.

Nel computo del bilancio invernale non sono altresì stati considerati i processi seguenti:

- l'ablazione del ghiaccio dopo la fine dell'anno di bilancio idrologico non può essere esclusa alle paline più basse, ma che, in virtù delle piccole aree interessate e quindi dei modesti volumi in gioco, verosimilmente non assume un ruolo di rilievo per il risultato finale;
- la possibile formazione di ghiaccio sovrainposto sull'orizzonte superficiale dell'anno precedente. Questo effetto potrebbe aver avuto un ruolo quest'anno nelle aree dei ghiacciai più basse dove il manto nevoso era probabilmente già saturo di acqua di fusione. Anche qui le aree corrispondenti sono limitate a circa il 10% del ghiacciaio e di nuovo la corrispondente sottostima del bilancio invernale sarebbe inferiore a 100 kg/m<sup>2</sup>.

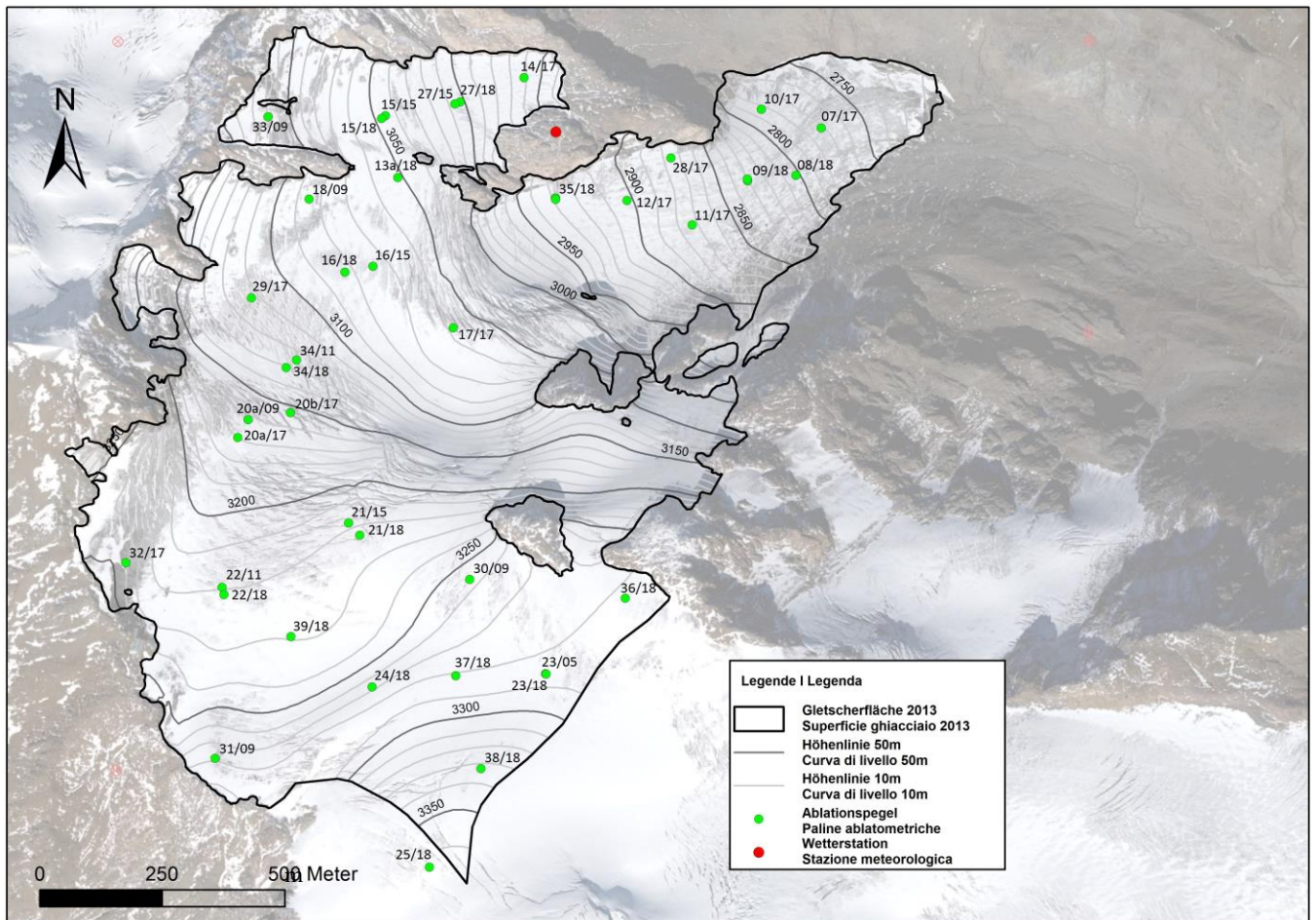
Nel corso del periodo invernale dell'anno idrologico 2017/18, la Vedretta Lunga ha accumulato 1,6 milioni m<sup>3</sup> (ossia 1552 milioni di litri o 1552 milioni di kg) di acqua. Il **Bilancio Invernale** specifico per l'anno idrologico 2017/18 risulta così pari a **970 mm** di equivalente in acqua.

#### 4. Bilancio di massa

All'inizio dell'anno idrologico 2017/18 la rete di monitoraggio del bilancio di massa della Vedretta Lunga constava di 31 paline ablatometriche. La nomenclatura delle paline è affidata a un codice esadecimale composto da un numero identificativo del sito di ubicazione del singolo punto di misura seguito dall'informazione circa l'anno di trivellazione della singola palina. Una eventuale lettera dopo il primo numero (ad es. 13a/11) informa circa lo spostamento, per diversi motivi, della palina rispetto alla relativa posizione originaria di installazione. Nella Figura 4. seguente è rappresentata l'attuale rete di paline ablatometriche e la loro distribuzione sul ghiacciaio.

Il calcolo del bilancio di massa nell'anno idrologico 2017/18 si fonda sui dati rilevati in complessivi 4 sopralluoghi. Accanto all'uscita primaverile del 5 maggio 2018, ne sono state svolte altre 3 durante l'estate.

Per la valutazione del bilancio annuale erano disponibili dati in 31 posizioni: 28 in zona di ablazione, mentre 3 trincee sono state scavate in zona di accumulo. In aggiunta alle informazioni puntuali, per l'interpolazione e l'estrapolazione di tali dati sono inoltre state considerate varie fotografie dei sopralluoghi. Il sopralluogo di chiusura del bilancio di massa si è svolto il 04 ottobre 2018. Le differenze rispetto al 30 settembre sono molto modeste per cui si è rinunciato a praticare una correzione dei dati raccolti.



**Abbildung 4.** Langenferner – Das Pegelnetz und die Lage der Wetterstation am Langenferner auf dem Orthophoto 2012 von „Bing Imaginery“.

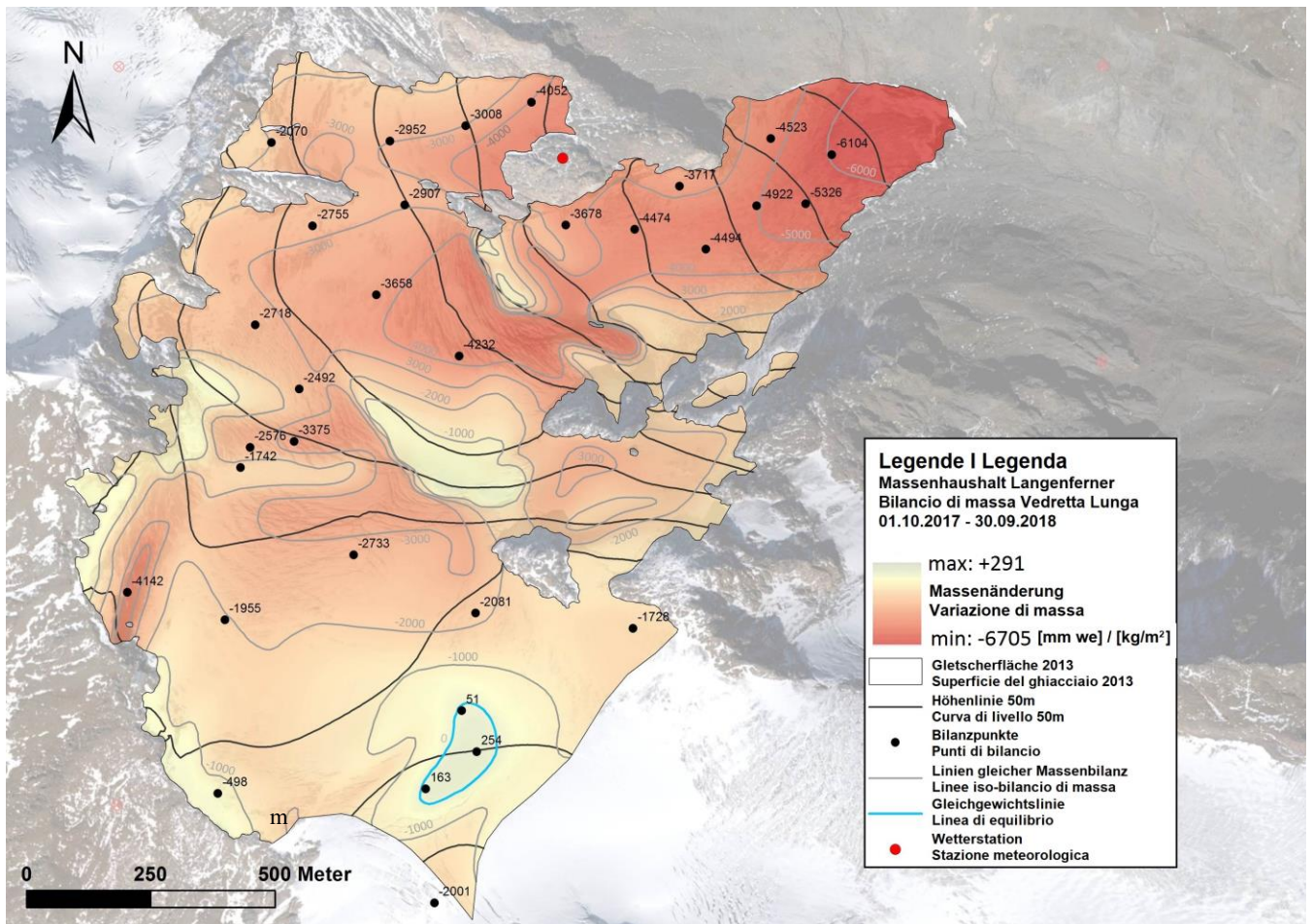
**Figura 4.** Vedretta Lunga – Rete di monitoraggio e posizione stazione meteorologica con l'orthofoto 2012 di "Bing Imaginery" sullo sfondo.

Im hydrologischen Jahr 2017/2018 hat der Langenferner rund 4,1 Mio. m<sup>3</sup> (4054 Mio. Liter, oder 4051 Mio. kg) Wasser verloren. Dies entspricht - über den Gletscher verteilt - einer mittleren Wassersäule und somit einer **Jahresbilanz** von **-2534 mm**. Die **Gleichgewichtslinie (ELA)**, also jene Höhe, in der sich Ablation und Akkumulation die Waage halten und die spezifische Bilanz 0 beträgt, liegt **über den höchsten Flächen des Langenfernens**, das **Akkumulationsflächenverhältnis AAR** (Accumulation Area Ratio) betrug **0,01**.

Unsicherheiten ergaben sich durch die Tatsache, dass für die Messpunkte 23 (am 22.08. 2018 nachgebohrt, alter Pegel am 04.10. erstmals seit 2012 wieder gefunden) und 24 (Akkumulationsschacht -> keine Akkumulation, am 22.08. Pegel installiert) keine Messwerte vorliegen und somit Teilgebiete im oberen Gletscherteil nur grob eingeschätzt werden können. Dieses Problem wird aber durch die neuen Pegel 36 und 37, sowie durch zwei Schneeschächte im kleinen Akkumulationsgebiet zwischen den Pegeln 23, 24 und 25 und durch die Einbeziehung des Ausaperungsverlaufs aus Satellitenbildern deutlich eingeschränkt.

Nell'anno idrologico 2017/18, la Vedretta Lunga ha perso 4,1 milioni di m<sup>3</sup> (4054 milioni di litri o 4054 milioni di kg) di acqua, corrispondenti ad un **Bilancio di Massa Annuale** di **-2534 mm** di colonna d'acqua uniformemente distribuita sul ghiacciaio. La **linea di equilibrio (ELA)**, che corrisponde alla quota ove l'ablazione estiva eguaglia l'accumulo invernale, è salita fino ad **oltre il limite superiore del ghiacciaio** ed il rapporto **AAR (Accumulation Area Ratio)** tra superfici di accumulo e totale è risultato pari a **0,01**.

Le maggiori incertezze derivavano dal fatto che ai fini dell'analisi non erano disponibili misure per i punti di osservazione 23 (reinstallata il 22 agosto 2018, vecchia palina ritrovata il 04 ottobre, per la prima volta dal 2012) e 24 (trincea di accumulo -> nessun accumulo, il 22 agosto installata nuova palina) e quindi dalla conseguente valutazione solo approssimativa di alcune aree nella parte superiore del ghiacciaio. Questo problema è tuttavia in gran parte compensato dai dati relativi alle nuove paline 36 e 37, nonché da due trincee scavate nella piccola area di accumulo tra le paline 23, 24 e 25 e dalla considerazione della dinamica di esaurimento della neve stagionale mutuate dalle immagini satellitari disponibili.



**Abbildung 5.** Langenferner - räumliche Verteilung der Massenbilanz im Haushaltsjahr 2017/18. Die schwarzen Punkte geben die Position der Ablationspegel an.

**Figura 5.** Vedretta Lunga – distribuzione spaziale del bilancio di massa nell'anno idrologico 2017/18. I punti neri indicano la posizione delle paline ablatometriche.

Aufeis an der Grenzschicht zwischen Firn und Eis und interne Akkumulation in der Firnschicht aus den Vorjahren konnten in den Messungen nicht berücksichtigt werden. Diese spielten aber wegen der stark negativen Bilanz und der sehr kleinen verbleibenden Firnkörper keine signifikante Rolle. Insgesamt sind die möglichen Fehler bezogen auf die Massenbilanz 2017/18 relativ groß, trotzdem sollte sich die Genauigkeit der Bilanz im Bereich von etwa +/- 180 kg/m<sup>2</sup> bewegen.

Nelle misurazioni non è stato possibile prendere in considerazione il ghiaccio sovrainposto all'interfaccia tra ghiaccio e firn e l'accumulo interno nello strato di firn degli anni precedenti. Tuttavia, a causa del saldo molto negativo e della modesta superficie dove il firn degli anni precedenti è perdurato, questo elemento non ha avuto un ruolo significativo.

Die Differenz zwischen Winter- und Jahresbilanz ergibt die **Sommerbilanz**. Der Gletscher hat im Sommer somit 5,6 Mio. m<sup>3</sup> Wasser bzw. eine Wassersäule von **3504 mm** verloren.

Complessivamente l'accuratezza della valutazione del bilancio annuale 2017/18 è stimata relativamente alta. Con tutta probabilità oscilla ad ogni modo non oltre i +/- 180 kg/m<sup>2</sup>.

Dalla differenza tra bilancio invernale ed annuale risulta il **Bilancio Estivo**. La perdita di volume nell'estate 2018 si attesta così in 5,6 milioni di m<sup>3</sup> di acqua, ossia di una colonna d'acqua mediamente alta **3504 mm**.

## 5. Analyse

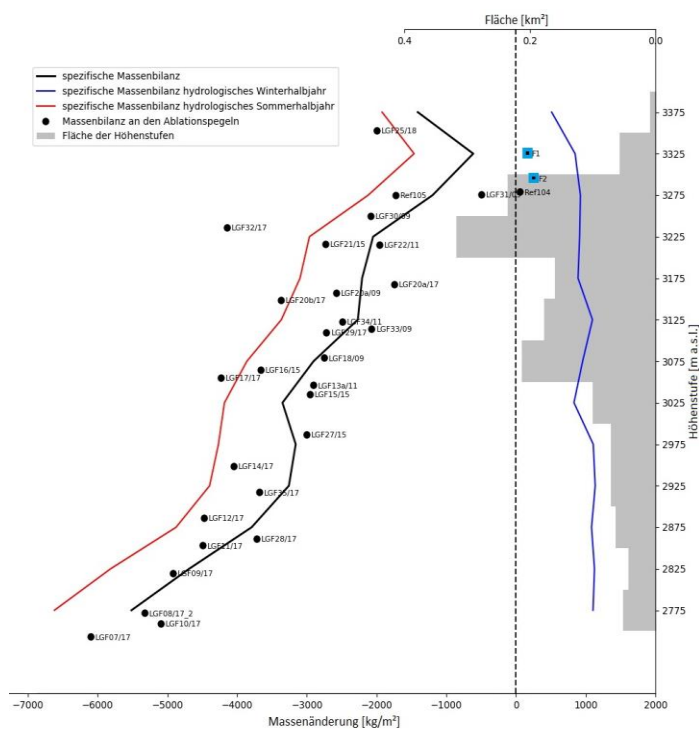
Die auf den vorigen Seiten dargestellten Karten von Akkumulation und Ablation erlauben es, die Variablen der Massenbilanz des Langenferners in Abhängigkeit der Höhe zu untersuchen.

Die vertikalen Profile der spezifischen Massenbilanz zeigen, dass große Teile des Gletschers zwischen 3050 und 3300 m liegen und daher dieser Höhenbereich einen bedeutenden Einfluss auf die Massenbilanz hat. Weiters stellt man fest, dass 2017/18 die Akkumulation mit der Höhe leicht abnimmt, während die Ablation mit abnehmender Höhe exponentiell zunimmt.

## 5. Analisi

Le mappe di accumulo nivale e ablazione glaciale, riportate nei paragrafi precedenti, consentono di analizzare le variabili di bilancio in funzione dell'altimetria della Vedretta Lunga.

I profili verticali di bilancio specifico evidenziano come siano le fasce altimetriche tra 3050 e 3300 m ad incidere in modo determinante sul calcolo del bilancio di massa. Altresì risultano evidenti per il 2017/18 il decremento dell'accumulo all'aumentare della quota ed un'ablazione che cresce in modo esponenziale al diminuire della quota.



**Abbildung 6.** Langenferner - Höhenverteilung der Winterakkumulation (blaue Linie), der Sommerbilanz (rote Linie) und der Jahresbilanz (grüne Linie) im Haushaltsjahr 2017/18. Die Balken zeigen die Verteilung der Gletscherflächen nach Höhenstufen. In der Tabelle rechts stehen die dazugehörigen Zahlenwerte der Jahresbilanz.

## 6. Klimatologische Betrachtungen

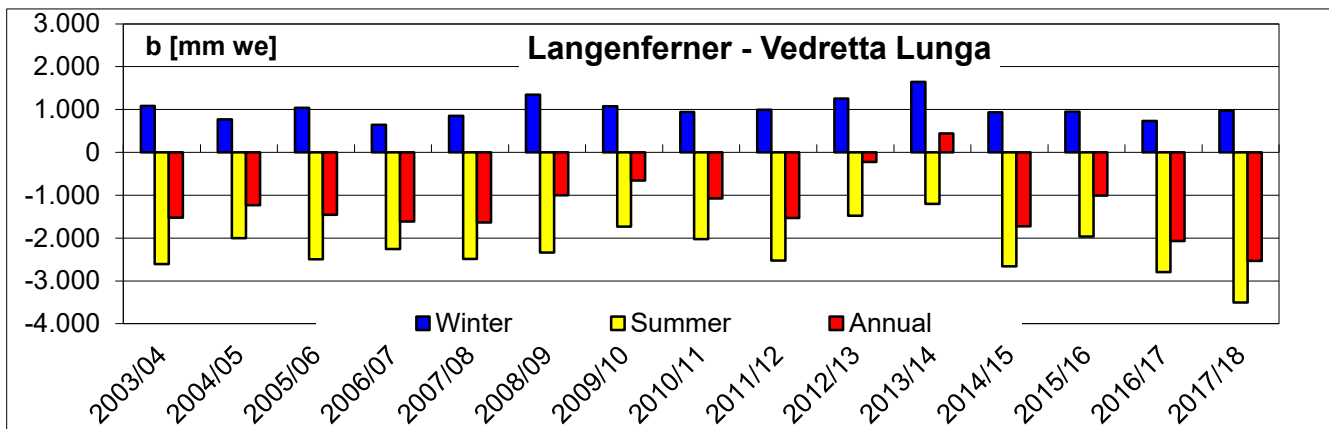
Die Massenbilanz des Haushaltsjahres 2017/18 ist mit  $-2534 \text{ kg/m}^2$  die mit Abstand negativste seit Beginn der Messungen im Haushaltsjahr 2003/04. Dieser Rekord dürfte am Langenferner vermutlich nicht einmal vom Sommer 2003 übertroffen worden sein für den aber leider noch keine Messungen an diesem Gletscher vorliegen. Eine wesentliche Voraussetzung für die großen Massenverluste war das wärmste Sommerhalbjahr im Ostalpenraum seit Beginn der meteorologischen Aufzeichnungen. Die Auswirkungen der starken Massenverluste am Langenferner sind mit freiem Auge deutlich sichtbar. So hat sich die Zunge des Gletschers weiter stark zurückgezogen. Das Loch im Eis der Steilzone, welche die Zunge vom mittleren Gletscherteil trennt ist deutlich größer geworden, ebenso die Felsinsel am linken Rand der Steilstufe. Besonders stark waren die sichtbaren Veränderungen auch am Nordrand des Gletschers und unterhalb des Grates zwischen Eisseer- und Suldenspitze. Die Zunge ist mittlerweile kaum noch als solche zu bezeichnen und wird wohl innerhalb nur weniger Jahre vom mittleren Gletscherteil getrennt werden. Die Abtrennung des nördlichsten Gletscherteils zwischen den Pegeln 33 und 14 könnte bereits im Jahr 2019 erfolgen, sollte die Bilanz abermals deutlich negativ ausfallen.

| height [m] | surface [m <sup>2</sup> ] | $\Delta M_A$ [10 <sup>3</sup> kg] | b [kg/m <sup>2</sup> ] |
|------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 3375       | 9139                      | -12867,4223                       | -1408                  |
| 3325       | 56502                     | -34655,9505                       | -613                   |
| 3275       | 235415                    | -281573,348                       | -1196                  |
| 3225       | 316783                    | -649024,577                       | -2049                  |
| 3175       | 160672                    | -354551,896                       | -2207                  |
| 3125       | 177433                    | -402426,603                       | -2268                  |
| 3075       | 213098                    | -618534,622                       | -2903                  |
| 3025       | 99591                     | -333540,16                        | -3349                  |
| 2975       | 71142                     | -224746,383                       | -3159                  |
| 2925       | 71049                     | -231540,659                       | -3259                  |
| 2875       | 62923                     | -239333,616                       | -3804                  |
| 2825       | 43384                     | -200469,344                       | -4621                  |
| 2775       | 51157                     | -273466,995                       | -5346                  |
| 2725       | 31393                     | -196604,462                       | -6263                  |
|            |                           |                                   |                        |
|            | 1599681                   | -4053336,04                       | -2534                  |

**Figura 6.** Vedretta Lunga - analisi della distribuzione altimetrica di accumulo invernale (linea blu), bilancio estivo (linea rossa) e bilancio annuale (linea verde) nell'anno idrologico 2017/18. Le barre dell'istogramma rappresentano l'andamento altimetrico della superficie del ghiacciaio. Nella tabella a destra i dati sono riportati in termini numerici.

## 6. Considerazioni climatologiche

Il bilancio di massa per l'anno 2017/18, pari a  $-2534 \text{ kg/m}^2$ , è di gran lunga il più negativo dall'inizio delle misurazioni nell'anno 2003/04. Questo record, sulla Vedretta Lunga, non è probabilmente stato superato nemmeno nell'estate del 2003, quando tuttavia non erano ancora disponibili dati di bilancio di massa per questo ghiacciaio. Un fattore determinante per le grandi perdite di massa registrate è stato il semestre estivo più caldo nelle Alpi Orientali dall'inizio delle registrazioni meteorologiche. Gli effetti delle enormi perdite di massa sulla Vedretta Lunga sono chiaramente visibili ad occhio nudo. La fronte del ghiacciaio si è ritirata fortemente. Il buco nel ghiaccio della zona ripida che separa la lingua dalla parte centrale del ghiacciaio è diventato significativamente più grande, e lo stesso dicasi per la finestra rocciosa sul bordo sinistro della parte più ripida del ghiacciaio. Chiaramente visibili sono stati anche i mutamenti che il ghiacciaio ha subito lungo il proprio limite settentrionale sotto la cresta tra la Cima del Lago Gelato e la Cima di Solda. La lingua, può ormai difficilmente essere chiamata tale, e probabilmente entro pochi anni si staccherà dalla parte centrale del ghiacciaio. La separazione della parte più settentrionale del ghiacciaio tra le paline 33 e 14 potrebbe avvenire già nel 2019 qualora il bilancio risultasse nuovamente nettamente negativo.



**Abbildung 7.** Langenferner: Zeitliche Entwicklung der Winter-, Sommer- und Jahresbilanzen in mm Wasseräquivalent (mm w.e.) von 2003/04 bis 2017/18.

**Figura 7.** Vedretta Lunga - evoluzione temporale di accumulo invernale, bilancio estivo e annuale (mm w.e.) negli anni idrologici dal 2003/04 al 2017/18.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Verantwortlicher Direktor:</b> Ing. Roberto Dinale</p> <p><b>Projektleitung:</b> Univ. Prof. Dr. Georg Kaser<br/> <b>Koordination Feldarbeiten/ Auswertungen:</b> PhD Stephan Galos</p> <p><b>An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:</b><br/> Stephan Galos, Roberto Dinale, Denise Morandell, Stefano Benetton</p> <p><b>Unterstützung bei den Feldarbeiten durch:</b><br/> Stephan Galos, Fabien Maussion, Mathias Dusch, Lilian Schuster, Mathias Göbel, Valentin Marteau, Lukas Fritz, Hannah Tussetschläger, Moritz Oberrauch, Sebastian Stoll, sowie 9 Studenten (Universität di Innsbruck)</p> <p>für Vorschläge/Info mailto: <a href="mailto:idro-dighe@provincia.bz.it">idro-dighe@provincia.bz.it</a></p> <p>Amt für Hydrologie und Stauanlagen<br/> Agentur für Bevölkerungsschutz<br/> Drususalle 116, I-39100 Bozen</p> <p><a href="https://afbs.provinz.bz.it/wetter.provinz.bz.it">https://afbs.provinz.bz.it/wetter.provinz.bz.it</a></p> <p>Druckschrift eingetragen mit Nr. 24/97 vom 17.12.1997 beim Landesgericht Bozen.<br/> <b>Auszugsweiser oder vollständiger Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.</b></p> | <p><b>Direttore responsabile:</b> ing. Roberto Dinale</p> <p><b>Direttore di progetto:</b> Univ. Prof. Dr. Georg Kaser<br/> <b>Coordinamento attività di campagna / analisi:</b> PhD Stephan Galos</p> <p><b>Hanno contribuito a questo numero:</b><br/> Stephan Galos, Roberto Dinale, Denise Morandell, Stefano Benetton</p> <p><b>Alle attività di campagna hanno collaborato:</b><br/> Stephan Galos, Fabien Maussion, Mathias Dusch, Lilian Schuster, Mathias Göbel, Valentin Marteau, Lukas Fritz, Hannah Tussetschläger, Moritz Oberrauch, Sebastian Stoll, sowie 9 Studenten (Università Innsbruck)</p> <p>per proposte/ info mailto: <a href="mailto:idro-dighe@provincia.bz.it">idro-dighe@provincia.bz.it</a></p> <p>Ufficio Idrologia e dighe<br/> Agenzia per la Protezione civile<br/> Viale Druso 116, I-39100 Bolzano</p> <p><a href="https://appc.provincia.bz.it/meteo.provincia.bz.it">https://appc.provincia.bz.it/meteo.provincia.bz.it</a></p> <p>Publicazione iscritta al Tribunale di Bolzano al n. 24/97 del 17.12.1997.<br/> <b>Riproduzione parziale o totale autorizzata con citazione della fonte.</b></p> |
| <p>Stephan Galos, Roberto Dinale, Denise Morandell, Stefano Benetton and Georg Kaser: Langenferner – Vedretta Lunga, Mass Balance 2017/2018; Glacierreport n.1/2019, Autonomous Province of Bolzano – South Tyrol.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |