



# GLACIER REPORT

N. 03/2013

Südtirol - Alto Adige

Sonderdruck zum Climareport Nr. 215 / supplemento al Climareport n.215

## LANGENFERNER VEDRETTA LUNGA HAUSHALTSJAHR 2011 / 2012 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 a.s.l.) cap. For this reason it is difficult to define exactly its origin. For the mass balance studies below a glacier extend from 3390 m to 2720 m a.s.l. is considered. The area of 1,66 km<sup>2</sup> considered this season results from the topographic update 2011 of the glacier borderlines.

The present Glacierreport describes the results of the mass balance studies on the Langenferner - Vedretta Lunga glacier for the balance year 2011/2012. The measurements and analyses were carried out by the Institute of Meteorology and Geophysics of the University of Innsbruck funded by the Hydrographic Office of the Autonomous Province of Bolzano - South Tyrol. The mass balance studies are made by the direct glaciological method. To evaluate the maximum mass accumulation on the glacier a winter survey was performed on May 8<sup>th</sup>. The balance year 2011/2012 brought a mass loss of 1532 mm w.e. The cumulative mass balance since 2003 reached the value of -11745 mm w.e., that means 1305 mm w.e. less per year. The winter balance of the Langenferner - Vedretta Lunga glacier was +995 mm w.e., the summer balance -2527 mm w.e. The calculated Equilibrium Line Altitude (ELA) was over the upper limit of the glacier. The Accumulation Area Ratio (AAR) was 0.

Peculiar climatic characteristics of the referring hydrological year were the relatively dry autumn and winter and one of the warmest summers ever. The yearly mean temperature of +3,8° measured on the weather station of the Gioveretto Dam (1800 m a.s.l.) was a little higher as the long period mean of +2,9°. The cumulative precipitation of 719 mm was a bit lower as the long period mean of 751 mm.



Figure 1. New installed weather station on the "Felsköpfl", 08.10.2012 (photo S. Galos).



## 1. Einleitung

Der Langenferner liegt im hinteren Martelltal in der Ortler-Cevedale Gruppe. Er ist einer der zahlreichen Gletscher, die an der Eiskappe des Cevedale (3769 m ü.S.) ansetzen. Sein genauer Ursprung ist nicht klar zu fassen, liegt aber zwischen 3380 m und 3390 m. Der Langenferner fließt zuerst nach Norden, ab ca. 3000 m nach Osten. Seine Zunge endet auf ca. 2720 m. Der Gletscher entwässert in die Plima, welche nach der Nutzung im Stausee Zufritt bei Goldrain im Vinschgau in die Etsch mündet.

Das hydrographische Amt der Autonomen Provinz Bozen Südtirol finanziert seit dem hydrologischen Jahr 2003/04 die Massenbilanzmessungen an diesem Gletscher. Im Haushaltsjahr 2011/2012 sind die Feldarbeiten und die glaziologischen Analysen durch das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck erfolgt. Dafür wurde die direkte glaziologische Methode angewandt und es wurden, neben der jährlichen Massenbilanz, auch die winterliche Akkumulation und die sommerliche Ablation bestimmt.

Das ursprüngliche Pegelnetz wurde am 01. und 02. Oktober 2003 errichtet. Zusätzlich konnten bei diesen Arbeiten drei alte Pegel, die bei einer ersten Erkundung im Jahre 2002 gebohrt wurden, eingemessen werden. Weiters wurde das Pegelnetz am oberen Langenferner 2005 um acht Ablationspegele erhöht. Im Sommer 2009 wurden weitere 5 Pegel eingerichtet. Durch den Gletscherrückgang wurde der unterste Pegel (Pegel 1) im Sommer 2006, die Pegel 2 und 3 im Sommer 2010 aufgegeben. 2011 folgte Pegel 13, in dessen Umgebung immer mehr Fels zu Tage tritt, was dazu führte, dass das restliche Eis Anfang September kollabierte. Dieser Pegel wurde durch den Pegel 13a, der etwas weiter gletscheraufwärts installiert wurde, ersetzt. Pegel 17 konnte am 16. September 2011 in einer Spalte aufgefunden werden und musste deswegen vorläufig aufgelassen werden. Pegel 5 ist am Ende der Ablationsperiode 2009 ausgeschmolzen und wurde erst im August 2012 ersetzt, jedoch etwas oberhalb der alten Position installiert.

Eisrand und Höhenstufen wurden aus einem einem Laserscan-Geländemodell (2011) aus dem MALS-Projekt des Instituts für Geographie der Universität Innsbruck ermittelt. Somit konnten alle Änderungen der Eisfläche, auch jene in den unzugänglichen oder gefährlichen Gebieten erfasst, und in der Auswertung berücksichtigt werden. Die Gletscherfläche nach Eisrand 2011 beträgt aktuell ca. 1,66 km<sup>2</sup>, (nach Eisrand 2006 noch ca. 1,77 km<sup>2</sup>, Orthophoto 1997: 2,03 km<sup>2</sup>). Diese Änderungen betreffen vor allem den Zungenbereich, sowie den nordwestlichen Gletscherteil, wo immer mehr Felsinseln zu Tage treten. Unsicherheiten ergeben sich dennoch am orographisch rechten Zungenrand durch die starke Schuttbedeckung welche eine genaue optische Bestimmung des Gletscherrandes erschwert.

## 1. Introduzione

La Vedretta Lunga è uno dei numerosi ghiacciai che si dipartono dalla calotta glaciale del Monte Cevedale (3769 m s.l.m.). La linea di spartiacque che delimita il ghiacciaio a monte non è di facile definizione, la si può tuttavia ubicare tra 3380 e 3390 m s.l.m. La Vedretta Lunga scende prima verso nord, verso est a partire da quota 3000 m circa. La sua fronte termina a 2720 m. Il ghiacciaio alimenta la Plima, che, dopo aver alimentato il serbatoio idroelettrico del Gioveretto, si butta in Adige in Val Venosta presso Coldrano.

L’Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano finanzia sin dall’anno idrologico 2003/04 le campagne di bilancio di massa su questo ghiacciaio. Nell’anno ideologico 2011/2012 le misure di campagna e le analisi glaciologiche sono state svolte dall’Istituto di Meteorologia e Geofisica della Università di Innsbruck. Il metodo utilizzato è quello glaciologico diretto ed oltre al bilancio annuale sono stati determinati anche l’accumulo invernale e l’ablazione estiva.

La rete di monitoraggio è stata originariamente installata nei giorni 1 e 2 ottobre 2003. In tale occasione sono state rilevate anche 3 paline trivellate nel 2002, durante un sopralluogo preliminare. Nel 2005 la rete di misura è stata ampliata nella parte superiore del ghiacciaio con 5 nuove paline ablatometriche. Altrettanti nuovi punti di misura sono stati aggiunti anche nell'estate 2009. Con l'arretramento del ghiacciaio sono state necessariamente dimesse nel 2006 la palina 1, e nel 2010 le paline 2 e 3. Nel 2011 è toccata la stessa sorte alla palina 13, dato che nel suo intorno è progressivamente emerso il substrato roccioso ed il ghiaccio è collassato. La palina è stata sostituita con la palina 13a, installata leggermente più a monte. La palina 17 è stata ritrovata in un crepaccio il 16 settembre 2011 e non è stata per questo dismessa anzitempo. La palina 5 è completamente emersa dal ghiaccio alla fine della stagione di ablazione 2009 ma è stata sostituita solo nell'agosto 2012, sebbene in posizione leggermente più a monte che non in precedenza.

Il contorno e l’altimetria del ghiacciaio sono stati calcolati dal modello digitale del terreno (laserscan) realizzato nel 2011 nell’ambito del progetto MALS dell’Istituto di Geografia della Università di Innsbruck. In questo modo è stato possibile monitorare e considerare nelle analisi anche le variazioni dello spessore glaciale delle zone meno accessibili e più impervie. La superficie del ghiacciaio aggiornata al 2011 risulta pari a circa 1,66 km<sup>2</sup> mentre nel 2006 (rilievo topografico) e 1997 (ortofotocarta) era stata rispettivamente stimata pari a 1,77 e 2,03 km<sup>2</sup>.

Le modificazioni di superficie si sono manifestate anzitutto nella parte frontale del ghiacciaio, ma hanno anche interessato la zona nordoccidentale della Vedretta Lunga, dove sono venute alla luce numerose isole rocciose. Alcune incertezze in merito al contorno della parte orografica destra della fronte del ghiacciaio derivano dalla forte copertura detritica della stessa.

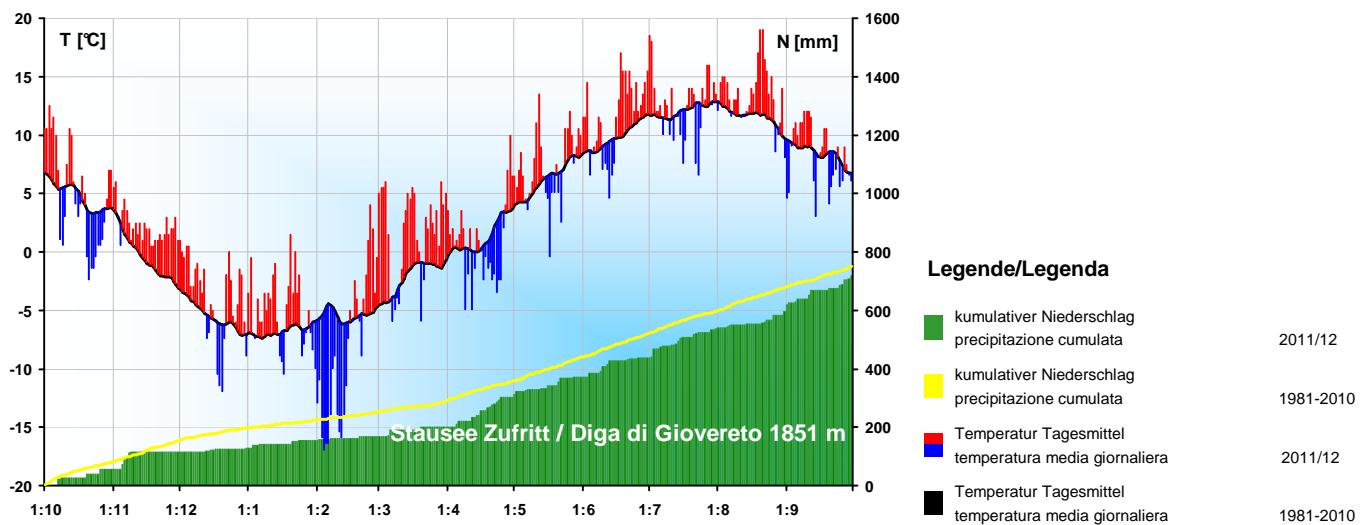
## 2. Wetterrückblick

Im hydrologischen Jahr 2011/12 fällt der eher trockene Herbst und Winter auf. Auch der Frühling war bis in den April noch trocken, erst dann wurde die Basis für eine leicht überdurchschnittliche Akkumulation am Gletscher gelegt. Zum Ende des Haushaltsjahres lag der Niederschlag an der Station Zufritt nur ein wenig unter dem Durchschnitt. Die Temperaturen waren dagegen deutlich über dem Durchschnitt.

Im gesamten Zeitraum lag die mittlere Temperatur mit einem Jahresmittel von +3,8°C an der Station Stausee Zufritt (1851 m) über dem klimatologischen Mittelwert von +2,9°C. Die jährliche Niederschlagssumme von 719 mm war wie schon erwähnt leicht unterdurchschnittlich, es wurde 4% weniger Niederschlag als normal (751 mm) registriert (Vergleichszeitraum 1981-2010).

Der Oktober war insgesamt recht sonnenreich und von den Temperaturen her durchschnittlich, bei zwei Schneefallereignissen hat es auch schon einiges an Neuschnee am Gletscher gegeben. Der November war deutlich wärmer als üblich, Niederschlag gab es nur am Monatsanfang.

Die drei Wintermonate (Dez., Jan., Feb.) verliefen in Südtirol allgemein sehr trocken, nur am Alpenhauptkamm sieht die Bilanz durch häufigere Nordwestlagen anders aus. Sie waren von teils starkem Wind begleitet, der viel Schnee verfrachtete. Die Temperaturen waren mehr oder weniger durchschnittlich, eine längere außergewöhnliche Kälteperiode mit sibirischer Kälte gab es von Ende Jänner bis Mitte Februar. An der Station Zufritt wurden einmal sogar -24°C gemessen, auf Südtirols höchster Wetterstation, dem Signalgipfel des Wilden Freigers (3399 m), d.h. in den obersten Gletscherbereichen, wurde im Zuge dieser ungewöhnlichen Kältewelle am Morgen des 10. Februars die tiefste jemals in Südtirol gemessene Temperatur erreicht: -32,1°C!



**Abbildung 2.** Temperatur und kumulativer Niederschlag im Haushaltsjahr 2011/12 an der Station Stausee Zufritt (1851 m) im Vergleich mit langjährigen Werten.

Im April ging dann die trockene Phase zu Ende, es gab einiges an Neuschnee bei allgemein der Jahreszeit entsprechenden Temperaturen. Der April bildete die Basis für die leicht überdurchschnittliche Winterbilanz 2012. Die Ablationsperiode begann auf dem

## 2. Analisi meteorologica

Caratteristica peculiare dell'anno idrologico 2011/12 è stato l'inverno particolarmente asciutto. La primavera è stata poco piovosa fino ad aprile, solo poi sono state messe le basi per un accumulo appena superiore rispetto alla norma. Sull'anno idrologico non è stato tuttavia recuperato il deficit di precipitazione accumulato durante la prima parte dello stesso con cumulata totale di poco inferiore alla media. Le temperature sono risultate per contro nettamente superiori alla media climatologica.

La temperatura media annua di +3,8°C registrata alla stazione meteo sulla Diga del Gioveretto (1851 m) si colloca ben al di sopra del valore climatologico di +2,9°C. Alla stessa stazione meteorologica è stata misurata una precipitazione cumulata di 719 mm, appena al di sotto della norma (751 mm), riferita la periodo 1981-2010.

Il mese di ottobre è stato piuttosto soleggiato con valori termici nella media. In occasione di due eventi di precipitazione è caduta la prima neve sul ghiacciaio. Novembre è stato poi asciutto e decisamente più caldo rispetto alla media con precipitazioni solo ad inizio mese. I successivi tre mesi invernali (dic., gen. e feb.) sono stati poi tutti piuttosto asciutti, anzitutto nella parte meridionale dell'Alto Adige. Lungo la cresta di confine gli apporti nevosi sono stati maggiori in virtù delle prevalenti correnti cicloniche da nord-ovest. In ogni caso le nevicate sono state in genere accompagnate da forti venti che hanno prodotto consistenti fenomeni di trasporto. Le temperature si sono attestate su valori nella media. Un periodo di freddo siberiano si è registrato tra fine gennaio e metà marzo. Alla Diga del Gioveretto si è toccata una minima di -24,0°C, mentre alla stazione meteorologica sull'anticima di Cima Libera, a 3399 m nelle Alpi Breonie, la mattina del 10 febbraio la colonnina di mercurio è scesa fino a -32,1°C, la temperatura più bassa mai registrata in Alto Adige !

**Figura 2.** Andamento di temperatura e precipitazione cumulata alla diga del Gioveretto (1851 m) nell'anno idrologico 2011/12, confrontate con i valori climatologici.

In aprile si è conclusa poi la fase di clima mite e asciutto, con temperature nella media e un po' di neve fresca. Quest'ultima è stata alla base della ripresa dell'accumulo invernale risultato poi appena superiore alla norma. La stagione di ablazione è iniziata sulla Vedretta Lunga

Langenferner in der zweiten Mai Hälfte. Der deutlich zu warme Juni gestaltete sich, mit Ausnahme eines kurzen Kälteeinbruchs zur Monatsmitte, nicht besonders gletscherfreundlich. Besonders zu Monatsende wurden teilweise rekordverdächtige Temperaturen erreicht. Das feuchtwarme Wetter setzte sich auch im Juli fort. Vor allem der August war ebenfalls deutlich wärmer als der klimatologische Durchschnitt. Erst am Ende des Monats waren in den oberen Gletscherregionen die ersten Sommerschneefälle seit Mitte Juni zu verzeichnen. Der September lag dann eher im normalen Bereich und brachte auch mehrere Schneefälle am Langenferner. Zusammenfassend also ungünstige Witterungsbedingungen für den Gletscher. Durchschnittlich viel Schnee im Winter und dann eine der wärmsten Ablationsperioden überhaupt.

### 3. Winterbilanz

Am 8. Mai 2012 wurde die Frühjahrsbegehung zur Erhebung der Schneerücklage für die Winterbilanz 2011/12 durchgeführt.

In insgesamt vier Schneeschächten wurde die Dichte der Schneedecke gemessen, die sich seit dem Ende der Ablationsperiode 2011 (im oberen Gletscherbereich 18. September, im unteren Teil wahrscheinlich 7. Oktober) auf dem Langenferner angesammelt hatte. Aus diesen Dichtewerten kann in weiterer Folge der Wasserwert des Winterschnees bestimmt werden. Die Summe der gegrabenen Schachttiefen betrug 10,48 m. Zusätzlich wurden insgesamt 64 Sondierungen durchgeführt, um die Mächtigkeit der Schneedecke und deren Verteilung zu messen. Die Sondierungen wurden möglichst gleichmäßig auf die Gletscherfläche verteilt. Einige „Ausreißer“ wurden zur Analyse nicht berücksichtigt. Aufgrund der mächtigen Schneedecke wurden keine Pegel gefunden.

Die Massenrücklage 2010/11 wurde insofern berücksichtigt, als dass die Schneelage vom 30.09.2011 auf dem Gletscher von der Schneedecke am 08.05.2012 abgezogen wurde. Dies geschah bereits bei der Auswertung der Sondierungen, denen jeweils ein bestimmter Wasserwert der Herbstschneedecke 30.09.2011 zugeordnet und abgezogen wurde. Da im unteren Gletscherbereich in der ersten Oktoberwoche noch einige Flächen schneefrei wurden, ist die natürliche mittlere spezifische Winterbilanz vernachlässigbar positiver, als jene für das hydrologische Winterhalbjahr 2011/12. Die Eisablution auf den betroffenen Flächen war - wenn überhaupt vorhanden - äußerst gering und konnte wegen der unmöglichen Erfassung nicht berücksichtigt werden.

Auf dem Langenferner haben sich im Laufe des Winterbilanzhalbjahres 2011/12 (01.10.2011 – 08.05.2011) rund 1,6 Mio m<sup>3</sup> (d.h. 1648 Mio Liter) Wasser angesammelt. Die mittlere spezifische Massenbilanz über das Winterhalbjahr 2011/12 beträgt somit **995 mm** Wasseräquivalent und liegt somit knapp über dem Durchschnitt der am Langenferner gemessenen Winterbilanzen.

nella seconda metà di maggio. Il mese di giugno è stato, ad eccezione di una breve irruzione fredda a metà mese, decisamente più caldo rispetto alla norma ed ha quindi portato condizioni non particolarmente favorevoli al glacialismo. A fine mese le temperature hanno raggiunto valori molto prossimi ai massimi di lungo periodo. Il clima mite ed umido è proseguito anche a luglio e soprattutto il mese di agosto è stato sensibilmente più caldo rispetto alla norma. Solo a fine agosto le prime nevicate estive hanno interessato la parte superiore del ghiacciaio. In media è stato poi il clima a settembre con ripetute precipitazioni nevose sulla Vedretta Lunga. In sintesi il clima non è stato favorevole al glacialismo con neve nella norma in inverno e una delle estate più calde in assoluto.

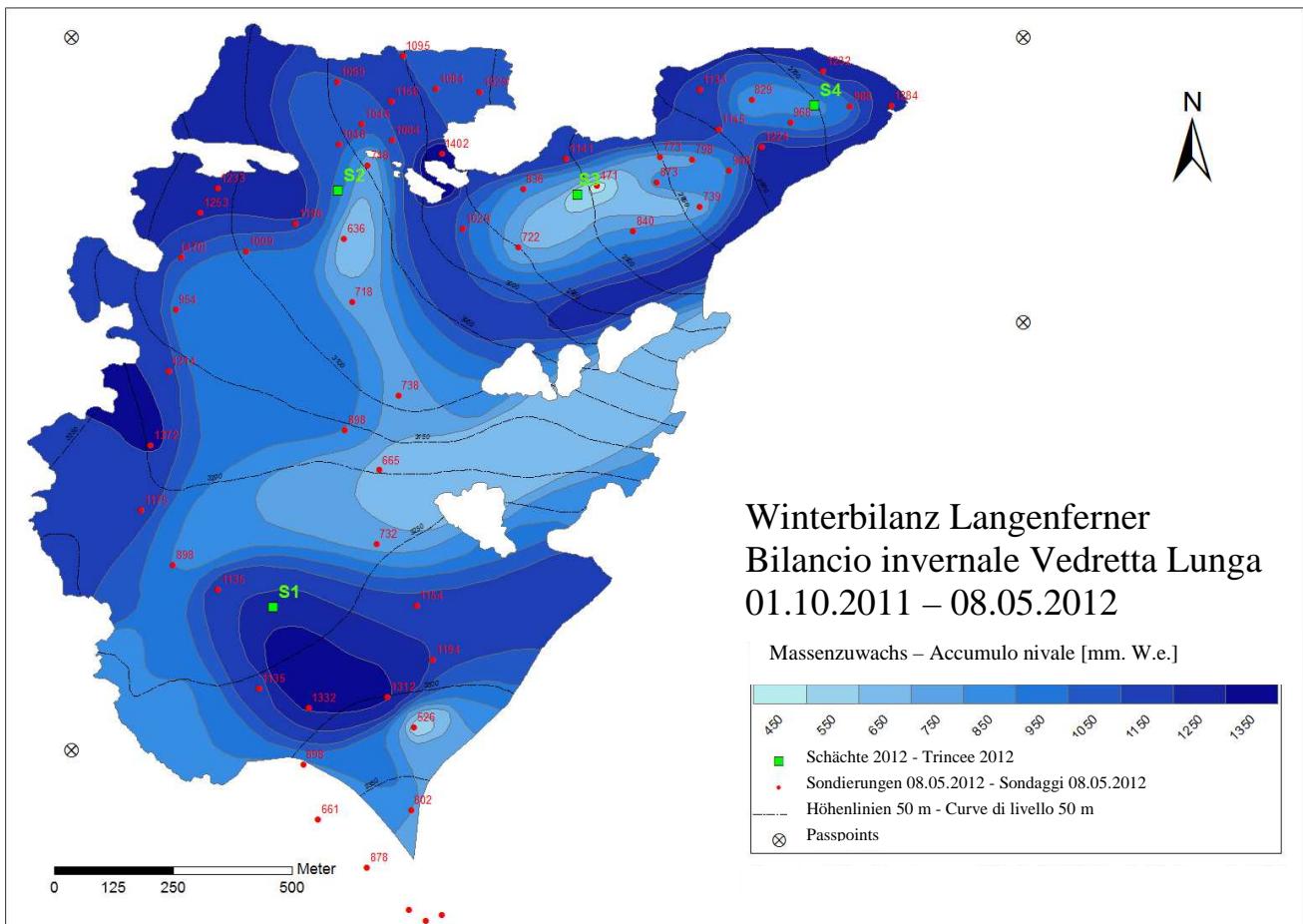
### 3. Bilancio invernale

Il giorno 8 maggio 2012 è stato svolto il sopralluogo primaverile per la determinazione del bilancio invernale 2011/12.

In 4 trincee è stata misurata la densità della neve, che si è accumulata sulla Vedretta Lunga a partire dalla fine della stagione di ablazione 2011 (18 settembre sulla parte alta del ghiacciaio, 7 ottobre su quella bassa). Da questa è possibile derivare l'equivalente in acqua della neve invernale. La somma delle profondità di scavo è stata pari a 10,48 m. Sono stati inoltre effettuati 64 sondaggi equamente distribuiti sulla superficie del ghiacciaio per la determinazione dello spessore della neve e della sua distribuzione spaziale. Alcuni "outliers" non sono stati considerati ai fini delle presenti analisi. In virtù della consistente copertura nevosa non sono state trovate paline ablatometriche.

L'aumento di massa registrato durante l'inverno è stato valutato sottraendo al manto nevoso del 08.05.2012 l'equivalente in acqua riscontrato il 30.09.2011. Questo è avvenuto già in sede di analisi dei sondaggi attribuendo e sottraendo ad ognuno di essi il relativo valore di equivalente in acqua autunnale. Dal momento che nella prima settimana di ottobre si è sciolti completamente la neve prima presente in alcune zone della parte inferiore del ghiacciaio il bilancio invernale specifico naturale è da considerarsi trascurabilmente più positivo rispetto a quello relativo all'anno idrologico. L'ablazione glaciale su tali superficie, sempre che presente, è stata minima e, data la sua difficile quantificazione, non è stata tenuta in conto per le valutazioni di bilancio.

Nel corso del periodo invernale dell'anno idrologico 2011/12 (01.10.2011 – 08.05.2012), la Vedretta Lunga ha accumulato 1,6 milioni m<sup>3</sup> (ossia 1648 milioni litri) di acqua. Il bilancio invernale specifico medio della Vedretta Lunga per l'anno idrologico 2011/12 risulta così pari a **995 mm** di equivalente in acqua, valore appena superiore rispetto al dato medio rilevato su tale ghiacciaio nelle campagne glaciologiche fin qui svolte.



**Abbildung 3.** Langenferner - Schneakkumulation im Winter 2011/12. Die Punkte markieren die Position der Sondierungen, die Quadrate jene der vier Schächte.

#### 4. Massenbilanz

Nach einem Winter mit leicht überdurchschnittlicher Akkumulation, begann die Ablationsperiode in der zweiten Mai Hälfte. Sie setzte sich über den ganzen Sommer fort und wurde erst durch mehrere Schneefälle im September unterbrochen. Trotzdem war an der Gletscherzunge zwischen 29.08. und 08.10. noch über ein Meter an Ablation zu verzeichnen, während in den mittleren Gletscherbereichen entsprechend weniger- und in den Bereichen über Pegel 29, quasi keine Eisschmelze mehr zu verzeichnen war. Bei der Abschlussbegehung am 8. Oktober war der Gletscher oberhalb von etwa 2900 m mit einer Schneedecke überzogen. Die Schneehöhe lag zwischen knapp 50 cm in den eingewehrten Bereichen in den höheren und mittleren Lagen des Gletschers und 0 cm an der Gletscherzunge. Insgesamt war die Ablationsperiode 2012 bezogen auf die langjährigen meteorologischen Daten eine der wärmsten überhaupt. Sommerschneefälle blieben zwischen Mitte Juni und Ende August gänzlich aus, was sich besonders negativ auf die Massenbilanz auswirkte. Ebenfalls erwähnenswert ist die Kombination von sehr hohen Temperaturen und außergewöhnlich feuchter Witterung, was sich vor allem über den stark erhöhten Eintrag von langwelliger Strahlung auf den Gletscher auswirkte. Auffallend war, dass Pegel, die normalerweise durch ihre sonnenabgewandte Exposition verhältnismäßig geringe Ablationsraten aufweisen, deutlich höhere Schmelzbeträge

**Winterbilanz Langenferner  
Bilancio invernale Vedretta Lunga  
01.10.2011 – 08.05.2012**

Massenzuwachs – Accumulo nivale [mm. W.e.]



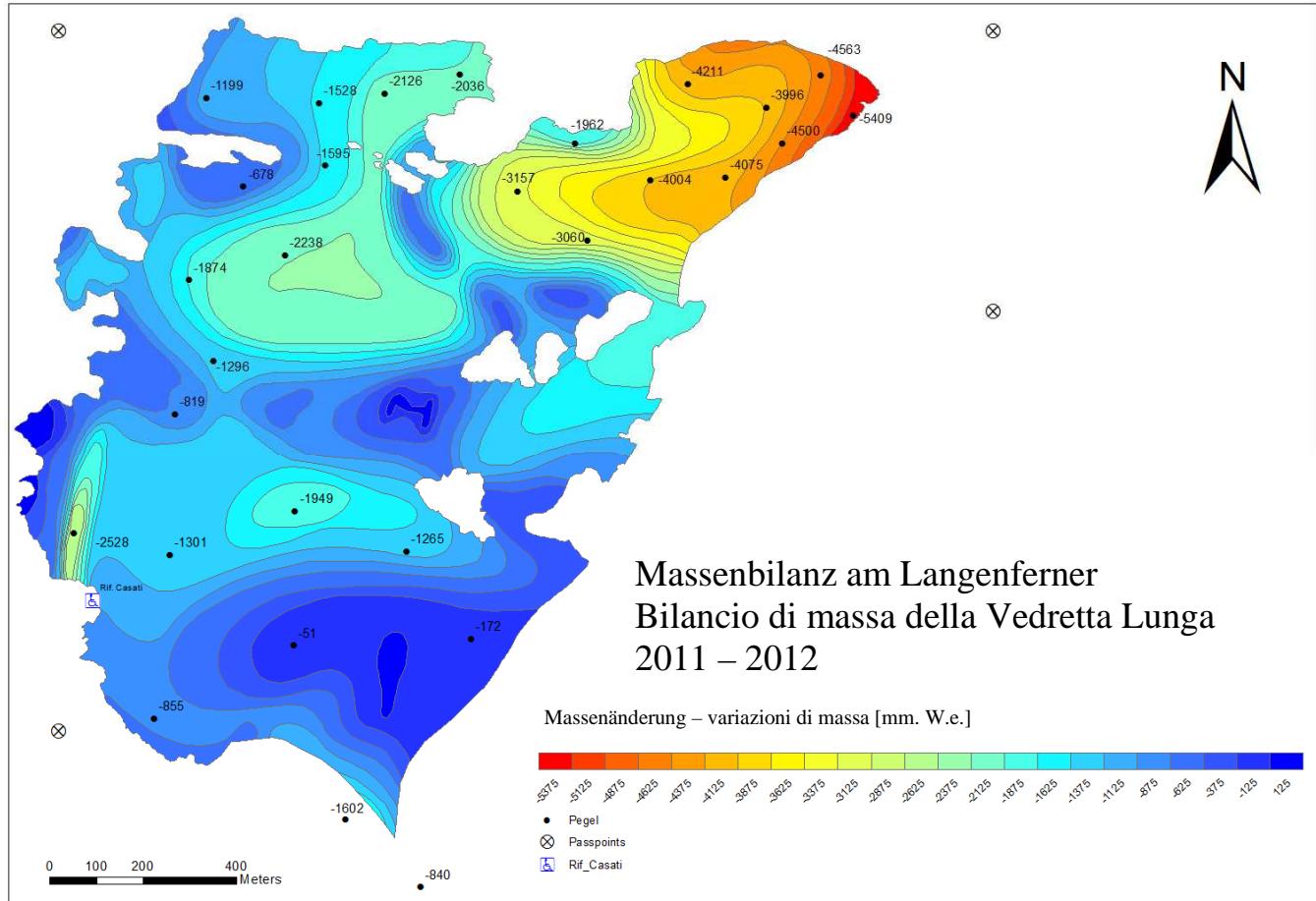
**Figura 3.** Vedretta Lunga - Accumulo nivale nell'inverno 2011/12. I punti rossi mostrano le posizioni di sondaggio, i quadrati neri quelle delle 4 trincee.

#### 4. Bilancio di massa

Dopo un inverno con un accumulo leggermente superiore rispetto alla norma, l'ablazione sul ghiacciaio quest'anno è cominciata a metà maggio ed è proseguita senza interruzioni per tutta l'estate interrotta da diverse nevicate solo a settembre. Ciononostante nella settimana compresa tra il 29.08 ed il 08.10 si segnala circa mezzo metro di ablazione glaciale a livello della fronte e debole scioglimento anche nei settori mediani del ghiacciaio, mentre al di sopra della le. palina 29 la massa è rimasta stabile. In occasione del sopralluogo di chiusura del bilancio dell'8 ottobre la copertura nevosa era continua al di sopra di quota 2900 con altezze della neve attorno ai 50 cm negli avvallamenti alle quote medie e superiori e pressoché nulle in corrispondenza della fronte. Complessivamente nel 2010 la stagione di ablazione è stata una delle più calde, se confrontata con la serie meteorologica storica. Tra metà giugno e fine agosto non si sono registrate nevicate nemmeno in alta quota, con effetti molto bilancio di massa. Assolutamente degna di nota è anche la combinazione di clima caldo e straordinariamente umido, rispetto alla norma con un surplus, in termini di bilancio energetico del ghiacciaio, di radiazione incidente a onde lunghe. Salta inoltre all'occhio come quest'anno anche le paline ubicate nei settori meno soggetti alla radiazione solare diretta, e che normalmente denotano tassi di scioglimento del ghiacciaio modesti, abbiano fatto registrare un'ablazione decisamente più significativa del solito. Esemplificativo in tal senso è stata la palina 10.

verzeichneten als sonst. Als ein Paradebeispiel für diese Tatsache kann Pegel 10 herangezogen werden. Bezogen auf den gesamten Gletscher wurde das Massenminimum im Haushaltsjahr 2011/12 vermutlich in der ersten Septemberhälfte erreicht. Die Ablationsperiode an den untersten Bereichen der Gletscherzunge endete aber erst mit den Schneefällen um den 16. Oktober.

Nell'anno idrologico 2011/12 la massa minima è stata verosimilmente raggiunta, con riferimento a tutto il ghiacciaio, nella prima metà di settembre. La stagione di ablazione nella parte inferiore della fronte del ghiacciaio è terminata tuttavia solo con le nevicate verificatesi attorno al 16 ottobre.



**Abbildung 4.** Langenferner - räumliche Verteilung der Massenbilanz im Haushaltsjahr 2011/12. Die schwarzen Punkte geben die Position der Ablationspegl am.

Im hydrologischen Jahr 2011/2012 hat der Langenferner rund 2,54 Mio. m<sup>3</sup> (2537 Mio. Liter, oder 2537 Mio. kg) Wasser verloren. Dies entspricht - über den Gletscher verteilt - einer mittleren Wassersäule von **1532 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 Gletschers. Daraus ergibt sich eine AAR (Accumulation Area Ratio) zwischen Akkumulationsgebiet und Gesamtfläche von 0.

Die Fläche der Regionen mit Akkumulation ist deutlich kleiner als in den Jahren 2009 bis 2011, ja nahezu gar nicht vorhanden (siehe Abbildung 4.) Die Mächtigkeit der Rücklagen ist dementsprechend äußerst gering und die Eisabloration in allen Regionen des Gletschers ungleich höher als in den vergangenen drei Jahren. Auch in den obersten Gletscherbereichen des Zufall-Cevedale Massivs kann somit ein Gleichgewichtszustand ausgeschlossen werden.

Die Messung der Ablation am Langenferner erfolgt über ein Netz aus ins Eis gebohrten Ablationspegl an welchen der Massenverlust an der Gletscheroberfläche abgelesen werden kann. Zu Beginn des Haushaltjahres 2011/12 umfasste das Pegelnetz am Langenferner 27 operationelle Ablationspegl. Von

**Figura 4.** Vedretta Lunga – distribuzione spaziale del bilancio di massa nell'anno idrologico 2011/12. I punti neri indicano la posizione delle paline ablometriche.

Nell'anno idrologico 2011/12, la Vedretta Lunga ha perso 2,54 milioni di m<sup>3</sup> (2537 milioni di litri o 2537 milioni di kg) di acqua, corrispondenti ad una colonna d'acqua di **1532 mm** uniformemente distribuita sul ghiacciaio. La linea di equilibrio (ELA), che corrisponde alla quota ove l'ablazione estiva egualia l'accumulo invernale, è risultata più alta rispetto al limite superiore del ghiacciaio. Ne consegue un AAR (Accumulation Area Ratio) tra superfici di accumulo e totale pari a 0.

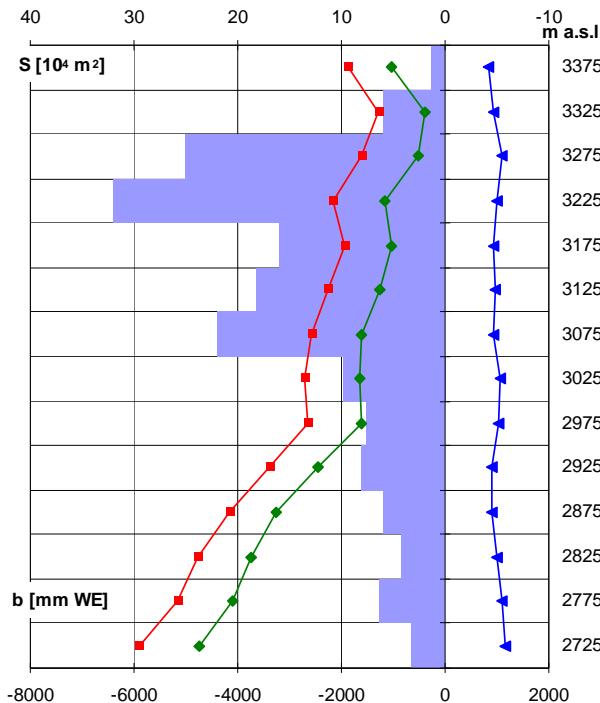
La superficie delle regioni in accumulo, pressoché assenti, è stata decisamente più limitata rispetto agli anni dal 2009 al 2011 (cfr. Figura 4.). Lo spessore della neve vecchia è quindi molto limitato e l'ablazione in tutti i settori molto superiore rispetto al triennio precedente. Anche nei bacini di testata del massiccio del Zufall-Cevedale si possono quindi escludere condizioni di equilibrio.

L'ablazione è monitorata per mezzo di una rete di paline trivellate nel ghiaccio di riferimento per il monitoraggio della ablazione glaciale superficiale. Nell'anno idrologico 2011/12 tale rete constava di 27 paline ed in estate è stato possibile leggerle tutte (!!!) almeno una volta. Per la prima volta dopo il 2008 è tornata ad emergere anche la palina 23, dopo che le riserve nevose 209-2011 sono state completamente esaurite. Un altro record negativo è stato

diesen konnten im Laufe des Sommers alle (!!!) Pegel mindestens einmal abgelesen werden. Erstmals seit dem Jahre 2008 konnte heuer der Pegel 23 wieder aufgefunden werden. Dies wurde durch den Umstand ermöglicht, dass die Rücklagen aus den Jahren 2009 bis 2011 in diesem Sommer völlig abschmolzen. Einen weiteren traurigen Höhepunkt bildeten die Pegel 25 (3370 m) und 32 (3260 m) mit einer Bilanz von minus 1602 mm w.e. bzw. minus 2518 mm w.e. Pegel 24 in einer Akkumulationsmulde wird nur noch als Ortsmarke für Akkumulationsschäfte geführt, da mit einem Auffinden dieses Pegels nicht gerechnet werden kann. Pegel 5 wurde Ende August erstmals seit 2009 wieder neu installiert und soll beim zu erwartenden Wegfall von Pegel 4 Informationen vom untersten Zungenbereich gewährleisten. Insgesamt war die Ablation im Sommer 2012 an nahezu allen Pegeln deutlich höher als im Vorjahr. Die Differenz zwischen Winter- und Jahresbilanz ergibt die Sommerbilanz. Der Gletscher hat im Sommer somit 4,18 Mio.  $m^3$  Wasser bzw. eine Wassersäule von 2527 mm w.e. verloren.

## 5. Analyse

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



**Abbildung 5.** Langenfner - Höhenverteilung der Winterakkumulation (blaue Linie), der Sommerbilanz (rote Linie) und der Jahresbilanz (grüne Linie) im Haushaltsjahr 2011/12. Die Balken zeigen die Verteilung der Gletscherflächen nach Höhenstufen. In der Tabelle rechts stehen die dazugehörigen Zahlenwerte der Jahresbilanz.

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 die Akkumulation in allen Höhenstufen des Gletschers nahezu gleich groß ist, während die Ablation mit abnehmender Höhe exponentiell zunimmt.

registrato a livello delle paline 25 a 3370 m e 32 a 3260 m con bilanci di massa puntuale forte mentente negative e rispettivamente pari a -1602 mm w.e. e -2518 mm w.e. Solo la palina 24, disposta in una conca di accumulo, rappresenta un ultimo baluardo preso a riferimento quale sito di valutazione dell'accumulo attraverso la realizzazione di trincee per le analisi stratigrafiche e di densità. Non è infatti prevedibile di poter vedere emergere a breve anche quest'ultima palina.

In agosto è stata nuovamente trivellata la palina 5 dopo che era stata dismessa nel 2009. Questa andrà in futuro a sostituire la palina 4 e sarà di riferimento per la valutazione della ablazione sulla parte inferiore della fronte della Vedretta Lunga.

Nell'estate 2012 l'ablazione è stata, a tutte le paline, sensibilmente più forte rispetto all'anno precedente.

Dalla differenza tra bilancio invernale ed annuale risulta il bilancio estivo. In estate è risultata una perdita di volume di 4,18 milioni di  $m^3$  di acqua, ossia di una colonna d'acqua mediamente alta 2527 mm w.e.

## 5. Analisi

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

height [m.a.s.l.]	surface [m <sup>2</sup> ]	B [m <sup>3</sup> w.e.]	b [mm w.e.]
3375	12159	-12584	-1035
3325	59957	-22271	-371
3275	250042	-129000	-516
3225	319535	-374804	-1173
3175	160252	-164031	-1024
3125	182327	-230710	-1265
3075	219454	-357278	-1628
3025	98917	-162351	-1641
2975	75399	-120467	-1598
2925	80376	-197831	-2461
2875	59520	-194632	-3270
2825	42378	-159146	-3755
2775	62739	-256301	-4085
2725	32835	-155643	-4740
	1655889	-2537049	-1532

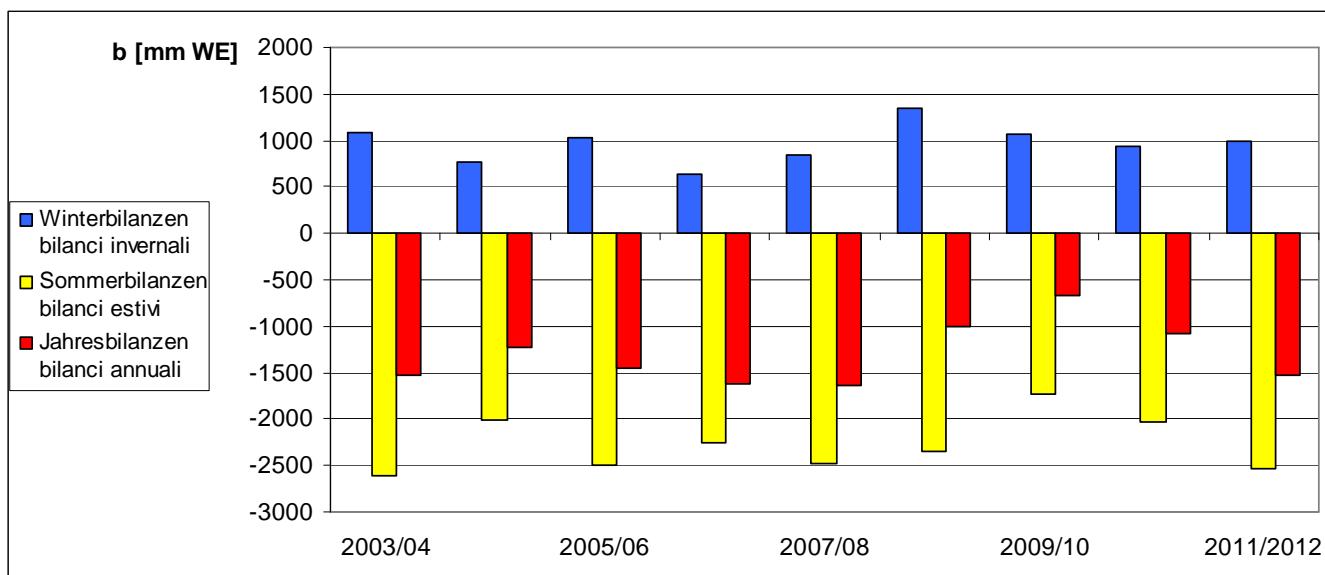
**Figura 5.** Vedretta Lunga - analisi della distribuzione altimetrica di accumulo invernale (linea blu), bilancio estivo (linea rossa) e bilancio annuale (linea verde) nell'anno idrologico 2011/12. Le barre dell'istogramma rappresentano l'andamento altimetrico della superficie del ghiacciaio. Nella tabella a destra i dati sono riportati in termini numerici.

I profili verticali di bilancio specifico evidenziano come la fascia altimetrica tra 3050 e 3300 m s.l.m. ha una superficie molto estesa, che incide in modo determinante sul calcolo del bilancio di massa. Altresì risultano evidenti un accumulo quasi uniformemente distribuito sull'intero ghiacciaio ed un'ablazione che aumenta esponenzialmente con il diminuire della quota.

## 6. Klimatologische Betrachtungen

Die heurige Massenbilanz ist die negativste am Langenferner gemessene Bilanz seit 2008. Da der Gletscher seit damals große Flächen in der untersten Region verloren hat, welche damals einen stark negativen Beitrag zur Massenbilanz lieferten, ist die heurige Bilanz sicher mit den negativsten Bilanzen der Jahre 2006/07 und 2007/08 vergleichbar, wenn nicht sogar als noch „negativer“ einzustufen. Ein Beispiel liefert der Pegel 25 im obersten Gletscherbereich, wo im Sommer 2007 ein Eisverlust von höchstens 1222 mm w.e., 2008 gar nur ein Verlust von 323 mm.w.e., heuer aber eine Ablation von 1602 mm w.e. zu verzeichnen war. Auch die Flächen mit Rücklagen waren heuer noch kleiner als 2008, dem Jahr mit der negativsten Bilanz am Langenferner.

Aufgrund der starken Ablation traten auch heuer wieder neue Felsinseln zu Tage, beziehungsweise wurden die bestehenden wieder deutlich größer. Vor allem der nordwestliche Gletscherteil leidet zunehmend unter einer gewissen Fragmentierung und wird sich vermutlich im Laufe des Jahrzehnts vom Rest des Gletschers abtrennen.



**Abbildung 6.** Langenferner: Zeitliche Entwicklung der Winter-, Sommer- und Jahresbilanzen in mm Wasseräquivalent (mm w.e.) von 2003/04 bis 2011/12.

Im Bereich des Eisbruches der die Zunge von den oberen Gletscherbereichen trennt, entstand in der Woche 21.-28. August eine ca. 10 mal 6 m große Öffnung im Eis (siehe Abbildungen 7. und 8.).

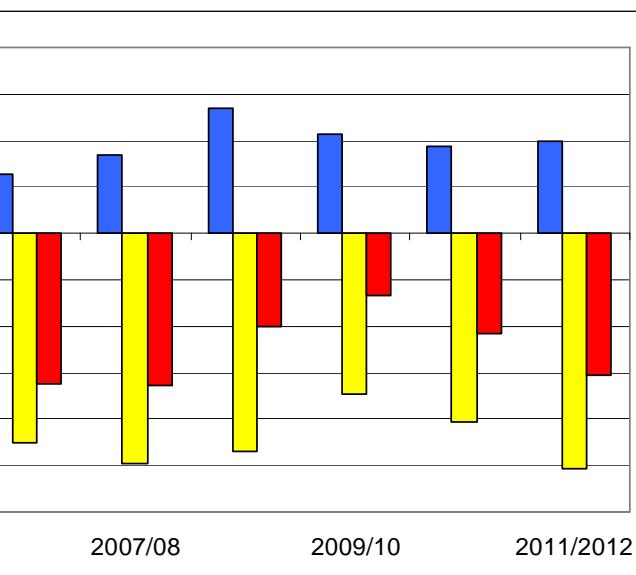


**Abbildungen 7. und 8.** Das große Loch welches sich zwischen dem 21. und dem 29.08. am orographisch rechten Rand des Bruches bildete (Photo: L. Rieg).

## 6. Considerazioni climatiche

Il bilancio di massa di quest'anno è il più negativo degli ultimi 4 anni. Dato peraltro che negli ultimi anni il ghiacciaio ha perso molta superficie alle quote inferiori, che davano un contributo molto negativo al bilancio complessivo, il dato 2011/12 è peraltro senza dubbio confrontabile con i bilanci fortemente negativi degli anni 2006/07 e 2007/08, se non da inquadrarsi ancor più negativo rispetto a questi ultimi. Prendendo come esempio la palina 5, disposta nella parte superiore del ghiacciaio, questa aveva registrato una perdita di massa pari a 1222 mm w.e. nel 2007 ed a soli 323 mm w.e. nel 2008, mentre l'ablazione 2008 è stata stimata di ben 1602 mm w.e. Quest'anno anche le superfici in accumulo sono risultate meno estese rispetto al 2008, anno più negativo della pur breve serie storica di bilancio.

Come conseguenza della forte ablazione anche quest'anno sono affiorate nuove isole rocciose e si sono molto allargate quelle preesistenti. Anzitutto la parte nordoccidentale della Vedretta Lunga soffre di una progressiva notevole frammentazione e verosimilmente si separerà dal resto del ghiacciaio nel corso del decennio.



**Figura 6.** Vedretta Lunga - evoluzione temporale di accumulo invernale, bilancio estivo e bilanci di massa (mm w.e.) negli anni idrologici dal 2003/04 al 2011/12.

In corrispondenza della seraccata che separa la fronte dalla parte alta del ghiacciaio nella settimana tra il 21 ed il 28 agosto si è formata una cavità nel ghiaccio di circa 10x6 m (cfr. Figure 7. e 8.)



**Figure 7. e 8.** La grande cavità formatasi tra il 21 ed il 29 agosto sulla destra orografica della seraccata (foto: L. Rieg).

Auch die Form des Eisbruches wird immer gemäßiger. Präsentierte sich dieser 2008 noch als wild zerfurchtes Spaltenlabyrinth, ist der Anblick 2012 vor allem im orographisch linken Teil deutlich gemäßiger.

## 7. Verschiedenes

Durch die Förderung eines Kleinprojektes durch den Tiroler Wissenschaftsfonds und die Unterstützung durch andere Forschungsprojekte am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck, konnte heuer im Rahmen der Abschlussbegehung am Langenferner erstmals eine permanente automatische Wetterstation am Felsköpfel auf 2967 m ü.S. installiert werden. Die Wetterstation, welche Temperatur, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Luftdruck sowie Windrichtung und Geschwindigkeit aufzeichnet, soll eine bessere meteorologische und klimatologische Interpretation der Messungen am Langenferner ermöglichen.

## 8. Eisdickenmessungen

Die Eisdickenmessungen am Langenferner wurden am 18. Mai 2010 vom Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck im Auftrag des Hydrografischen Amtes durchgeführt. Die Eisdicke des Langenfernerns wurde an 68 Punkten des Gletschers gemessen. Zur besseren Erfassung der Eisscheide zwischen Zufallferner und Langenferner wurden an zehn Punkten im oberen Bereich des Zufallfernerns Messungen der Eisdicke durchgeführt. Mit den insgesamt 78 Messungen der Eisdicke ist das Volumen des Langenfernerns zum Stand 2010 gut erfasst.

Der Hauptzufluss des Gletschers wird durch Felsrippen zum Tal kanalisiert wodurch sich der Fließquerschnitt verkleinert, was zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und damit zu Übertiefungen des Untergrunds führt. Diese Übertiefungen weisen die höchsten Eisdicken auf. Die Radarprofile wurden so angelegt, dass die Eisdicke in den Becken und damit die Lage dieser Übertiefungen möglichst gut erfasst wurden. Nördlich der Eisscheide zwischen Zufall- und Langenferner teilt sich der Eisstrom in einen kleinen sehr steilen Teil, der nach Nordnordosten direkt in die Hauptzunge mündet, während der Hauptstrom nach Nordwesten in ein weit auslaufendes Becken fließt. Durch dieses Becken ergeben sich die größten Eisdicken von über 130 Metern in diesem Bereich. Der Hauptstrom des Gletschers teilt sich durch eine Felsrippe im unteren Bereich des Gletschers in zwei Teilstrome. Der kleinere Teilstrom speist eine kurze Nebenzunge (orographisch links) während der größere Teilstrom durch einen markanten Eisbruch in die Hauptzunge des Langenfernerns mündet. Durch die Kanalisierung des Gletschers im Bereich des Eisbruchs ergibt sich an dieser Stelle ein zweites Maximum der Eisdicke. Im steilen, felsdurchsetzten Zufluss vom Plateau zur Zunge (orographisch rechts), sowie im Bereich der Nebenzunge (orographisch links) ist das Eis aufgrund der großen Steilheit des Geländes bzw. des fehlenden Eismuschels dünn. Daher ist in diesen Bereichen in den nächsten Jahren eine verstärkte Ausaperung von weiteren Felsinseln zu erwarten.

Anche la forma della seraccata risulta sempre meno pronunciata, tant'è che se nel 2008 la morfologia di questa parte del ghiacciaio era simile ad un labirinto di crepacci nel 2012 soprattutto in orografica sinistra la stessa risulta decisamente mitigata.

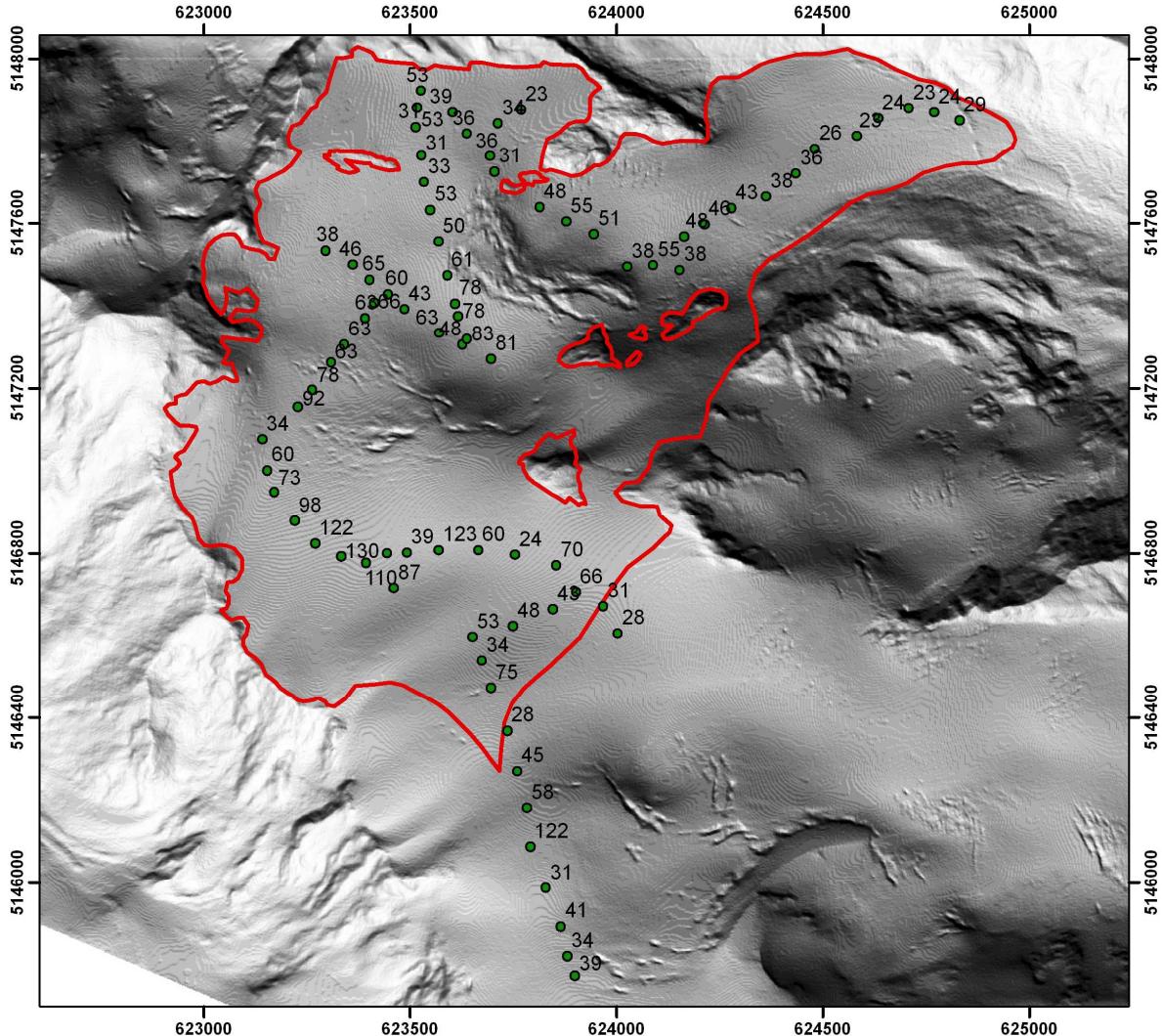
## 7. Curiosità

Grazie al finanziamento di un piccolo progetto specifico da parte del Fondo per la ricerca scientifica del Land Tirol e per mezzo di alcuni altri progetti di ricerca dell'Istituto di Meteorologia e Geofisica dell'Università di Innsbruck, in occasione del sopralluogo di chiusura del bilancio è stato possibile installare per la prima volta una stazione meteorologica permanente sullo sperone roccioso a quota 2967 m s.l.m. La stazione meteorologica misura temperatura e umidità dell'aria, radiazione globale, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento e consentirà una migliore interpretazione della dinamica glaciale grazie ai dati meteorologici e climatologici raccolti.

## 8. Misure di profondità

Le misure di profondità sulla Vedretta Lunga sono state svolte il 18 maggio 2010 dall'Istituto di Meteorologia e Geofisica della Università di Innsbruck su incarico dell'Ufficio idrografico. Gli spessori di neve e ghiaccio sono stati misurati in 68 punti. Per definire lo spartiacque tra Vedretta Lunga e Vedretta del Cevedale ulteriori 10 misure sono state effettuate nella parte alta di quest'ultimo ghiacciaio. Il volume della Vedretta Lunga, aggiornato al 2010, è così stato calcolato riferendosi a complessive 78 misure puntuali.

Il ghiacciaio è canalizzato nel suo flusso verso valle da una serie di dorsali rocciose che localmente ne producono la riduzione della sezione. Ne consegue in questo modo un aumento della velocità del flusso stesso e della sua forza erosiva con formazione di approfondimenti ai quali corrispondono le massime profondità misurate. I profili di misura sono stati definiti in modo da cogliere e rilevare al meglio queste conche. A nord dello spartiacque di testata tra Vedretta Lunga e del Cevedale il ghiacciaio si divide in una colata molto ripida verso nordest, che termina direttamente nella lingua principale, e nel flusso principale che scorre in un ampio bacino in direzione nordovest. In quest'ultimo risultano spessori dell'ordine di 130 m ed oltre, i maggiori del ghiacciaio. Nella sua parte inferiore il flusso principale del ghiacciaio si divide poi a sua volta in due parti, per effetto di uno sperone roccioso. La parte più piccola alimenta una breve fronte secondaria del ghiacciaio disposta in orografica sinistra, mentre quella più grande converge nella fronte principale attraverso una seraccata. La canalizzazione del ghiacciaio nei pressi della seraccata ha qui prodotto un'ulteriore depressione del substrato roccioso e quindi un massimo relativo di profondità del ghiaccio. Nella zona ripida e caratterizzata da affioramenti rocciosi tra il plateau e la fronte (orografica destra), come anche in quella della fronte secondaria, il ghiaccio risulta piuttosto sottile, a causa sia della pendenza del terreno sia della scarsa alimentazione glaciale. In queste zone sono per questo attesi nei prossimi anni i più rilevanti cambiamenti morfologici del ghiacciaio con progressiva emersione di isole rocciose ed esaurimento del ghiaccio.



**Abbildung 9.** Eisdicken in Metern an den Stellen der Messungen. Die Gletschergrenze (rote Linie) von 2006 wurde aus dem Gletscherinventar 2006 entnommen und ist auf dem beleuchteten DTM von 2006 dargestellt.

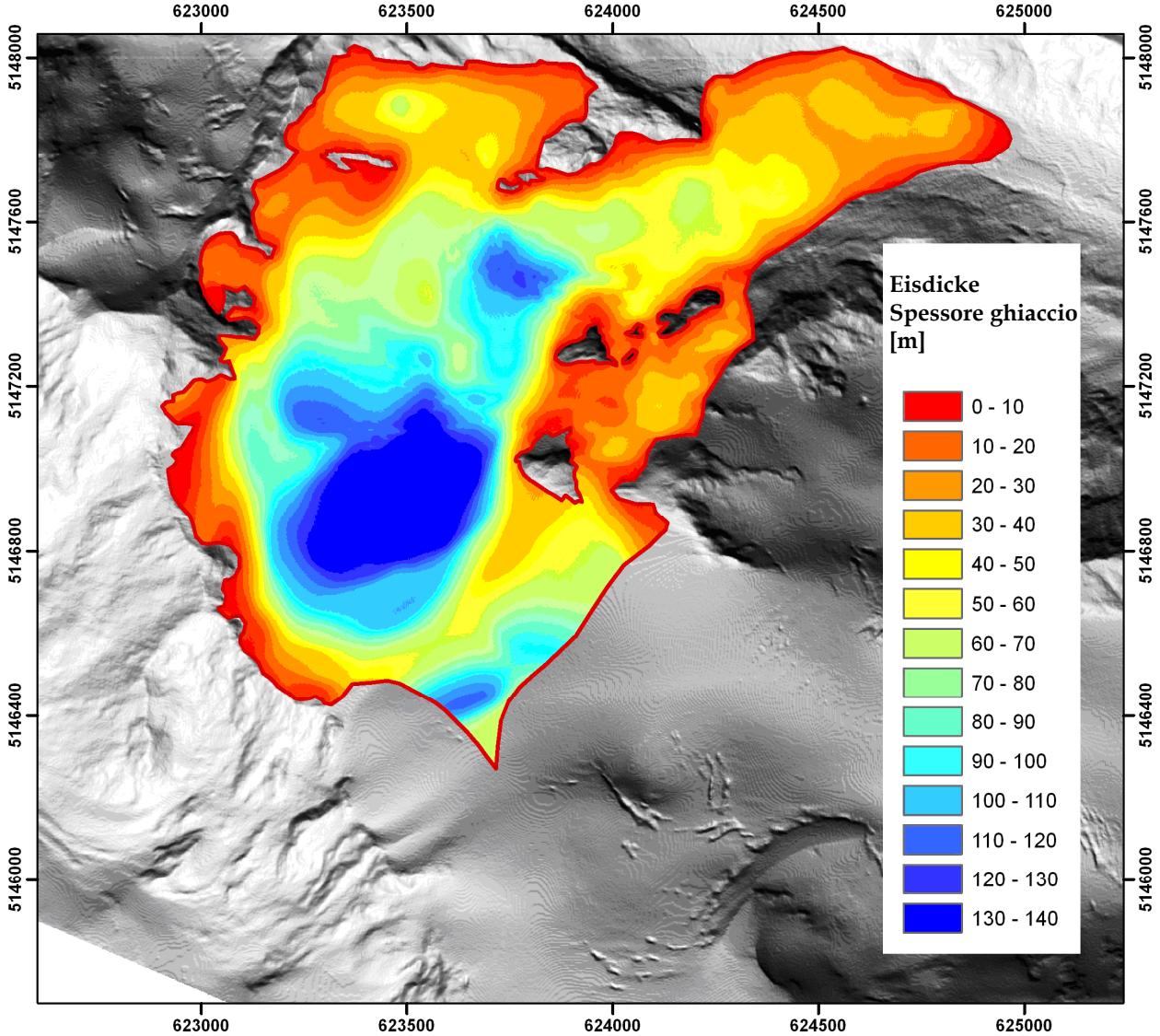
Die Punktmessungen der Eisdicke wurden räumlich interpoliert um das Eisvolumen zu berechnen. Dazu wurden die Gletschergrenze sowie das Geländemodell von 2006 verwendet. Resultat dieser Interpolation waren die Konturlinien des Untergrundes die zu einem Raster interpoliert wurden aus denen mit der Oberfläche aus dem Jahr 2006 die Eisdicke berechnet wurde. Die maximale Eisdicke beträgt 137 m, die mittlere Eisdicke 46 m. Damit errechnet sich bei einer Fläche von 1,776 km<sup>2</sup> ein Eisvolumen von 0,082 km<sup>3</sup> ( $81,696 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>).

Die Eisdicken wurden mit dem Narod Radargerät des Institutes für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck vermessen. Als Frequenz wurde 6,5 MHz verwendet. Die Radarecholotung ist die in den letzten Jahren meist genutzte Methode zur Messung von Eisdicken. Im Unterschied zu Tiefenbohrungen, Reflexions- oder Refraktionsseismik oder Geoelektrik ermöglicht das Radarecholot (Ground Penetrating Radar - GPR) das Messen von quasikontinuierlichen Profilen. Das von den Antennen ausgesandte gepulste elektromagnetische Signal dringt in den Gletscher ein, wird am Untergrund reflektiert und kommt später beim Empfänger als das durch die Luft transmittierte (direkte) Signal an.

**Figura 9.** Spessori del ghiaccio nei singoli punti di misura espressi in metri. In rosso è rappresentato il contorno del ghiacciaio (catasto 2006), il profilo del rilievo è evidenziato come hillshade.

Le singole misure sono state interpolate ed estrapolate per calcolare il volume della Vedretta Lunga. A tal fine sono stati utilizzati anche il contorno del ghiacciaio ed il modello digitale del terreno aggiornati al 2006. Risultano in questo modo una massima profondità del ghiacciaio pari a 137 m ed uno spessore medio del ghiaccio di 46 m. Data una superficie di 1,776 km<sup>2</sup>, risulta un volume del ghiacciaio pari a 0,082 km<sup>3</sup> ( $81,696 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>).

La campagna di misura è stata svolta con l'ecometro radar (GPR, ground penetrating radar) Narod dell'IMGI (Institut für Meteorologie und Geophysik) della Università di Innsbruck. È stata utilizzata una frequenza di misura di 6,5 MHz. Questa tecnica di misura è oggi il metodo più diffuso per rilevare lo spessore del ghiaccio. A differenza delle perforazioni, ma anche delle tecniche riflettometriche, sismiche o geoelettriche, i radar GPR (Ground Penetrating Radar), consentono la misura dei profili quasi in continuo. Gli impulsi eletromagnetici emessi dalle antenne penetrano il ghiaccio, vengono riflessi dal substrato roccioso e raggiungono il ricevitore più tardi rispetto al segnale diretto trasmesso attraverso l'aria.



**Abbildung 10.** Flächenhafte Darstellung der Eisdicke. Die Karten der Eisdicke wurden aus den Punktmessungen händisch interpoliert. Dazu wurden Linien der gleichen Eisdicke basierend auf den Punktewerten der Eisdicken, den topographischen Daten und den Gletschergrenzen 2006 konstruiert und diese interpoliert. Die Eisdicke an der Gletschergrenze von 2006 wurde auf 0 gesetzt.

Das reflektierte Signal wird im Eis entsprechend den elektromagnetischen Eigenschaften des Gletschers auch an internen Schichten reflektiert und gestreut. Gletschereis hat eine komplexe Struktur. Eisbewegung, Einschlüsse von Luft, Wasser und Gestein verursachen Inhomogenitäten. Auch reines Gletschereis weist, bedingt durch die Entstehung während verschiedener Niederschlagszyklen, interne Schichten auf. Im Firngebiet gibt es Schichten mit verschiedener Dichte, Wassersättigung, Körngröße und eventuellen Wassertafeln. Misst man die Zeitdifferenz zwischen dem direkten und reflektierten Signal, kann man bei bekannter Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Signals den Weg und somit die Eisdicke berechnen.

Der Gesamtfehler in der Messung der Eistiefe ergibt sich aus in etwa gleichbleibenden Ablesegenauigkeiten und systematischen Fehlern, die stark vom Ort und den Bedingungen zum Zeitpunkt der Messung abhängen. Kumulieren sich diese Fehler, sind Fehler in

**Figura 10.** Rappresentazione spaziale degli spessori della Vedretta Lunga. La carta risulta dalla interpolazione manuale dei dati misurati. Le isobate sono state derivate sulla base dei valori puntuali di misura, della topografia e del contorno 2006 del ghiacciaio e poi interpolate. Al contorno è stato imposto uno spessore del ghiaccio pari a 0.

I segnali si propagano nel ghiaccio in funzione delle caratteristiche elettromagnetiche di questo mezzo e possono venire riflessi e rifratti anche dai singoli strati che compongono il ghiacciaio. Il ghiaccio di un ghiacciaio ha una struttura complessa. Movimento, inclusioni di aria, acqua e sedimenti ne determinano la disomogeneità. Anche il ghiaccio puro può peraltro essere caratterizzato da una stratificazione interna in funzione dei processi che ne hanno prodotto la formazione. Nella zona di accumulo vi sono strati che differiscono per densità, grado di saturazione, dimensione dei grani e per la presenza di lenti di acqua. Misurando la differenza tra i tempi di percorrenza dei segnali diretti e riflessi, note che siano le rispettive velocità di propagazione, risultano le distanze rispettivamente percorse e quindi lo spessore del ghiaccio.

L'errore di misura complessivo risulta dalla composizione degli errori di lettura, pressoché

der Eisdicke von ein paar Metern möglich. Systematische Fehler entstehen aus internen Reflexionen, ungünstiger Untergrundgeometrie, falschen Annahmen über die Geschwindigkeiten sowie der Vernachlässigung von Firn und Schneeschichten am Gletscher.

invarianti, e di quelli sistematici, che dipendono fortemente da luogo di misura e dalle condizioni al momento della misura. Complessivamente sono in genere possibili errori di valutazione dello spessore del ghiaccio dell'ordine di alcuni metri. Gli errori sistematici derivano da riflessioni interne, geometria del substrato roccioso poco favorevole, ipotesi scorrette circa le velocità di propagazione dei segnali, oppure dall'aver trascurato strati di firn o neve.

**Verantwortliche Direktorin:** Dr. Michela Munari  
**Projektleitung:** Univ. Prof. Dr. Georg Kaser  
**Koordination Feldarbeiten/Auswertungen:** Mag. Stephan Galos

**An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:**

Stephan Galos  
M. Stocker-Waldhuber  
Roberto Dinale  
Lukas Rastner

**Unterstützung bei den Feldarbeiten durch:**

Rainer Prinz  
Anna Haberkorn  
Uschi Blumthaler  
Martin Stocker-Waldhuber  
Lorenzo Rieg  
Erik Bollman  
Daniel Maier  
Andrea Fischer  
Jakob Abermann  
Kay Helfricht

für Vorschläge/Info mailto: [hydro@provinz.bz.it](mailto:hydro@provinz.bz.it)

Hydrographisches Amt Bozen  
Abteilung Brand- und Zivilschutz  
Drususallee 116, I-39100 Bozen  
[www.provinz.bz.it/nydro](http://www.provinz.bz.it/nydro)

Druckschrift eingetragen mit Nr. 24/97 vom 17.12.1997 beim Landesgericht Bozen.

**Auszugswise oder vollständiger Nachdruck mit Quellenangabe (Herausgeber und Titel) gestattet.**

Druck: Landesdruckerei.

**Direttrice responsabile:** dott.sa Michela Munari  
**Direttore di progetto:** Univ. Prof. Dr. Georg Kaser  
**Coordinamento attività di campagna / analisi:** Mag. Stephan Galos

**Hanno contribuito a questo numero:**

Stephan Galos  
M. Stocker Waldhuber  
Roberto Dinale  
Lukas Rastner

**Alle attività di campagna hanno collaborato:**

Rainer Prinz  
Anna Haberkorn  
Uschi Blumthaler  
Martin Stocker-Waldhuber  
Lorenzo Rieg  
Erik Bollman  
Daniel Maier  
Andrea Fischer  
Jakob Abermann  
Kay Helfricht

per proposte/ info mailto: [hydro@provincia.bz.it](mailto:hydro@provincia.bz.it)

Ufficio Idrografico di Bolzano  
Ripartizione Protezione antincendi e civile  
Viale Druso 116, I-39100 Bolzano  
[www.provincia.bz.it/nydro](http://www.provincia.bz.it/nydro)

Pubblicazione iscritta al Tribunale di Bolzano al n. 24/97 del 17.12.1997.

**Riproduzione parziale o totale autorizzata con citazione della fonte (titolo e edizione).**

Stampa: Tipografia provinciale.