



Veduta dal Pass Giümela (2118 m) in direzione ovest verso la Val Pontirone, una laterale della Valle di Blenio.
A inizio gennaio 2017 i versanti erano sgombri da neve fino a circa 2500 m a sud e a 1800 m a nord.

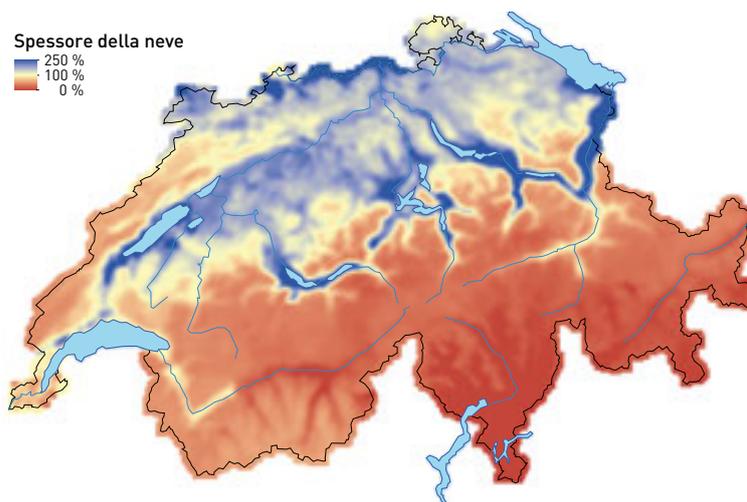
Foto: Luca Silvanti

Neve, ghiaccio e permafrost 2016/2017

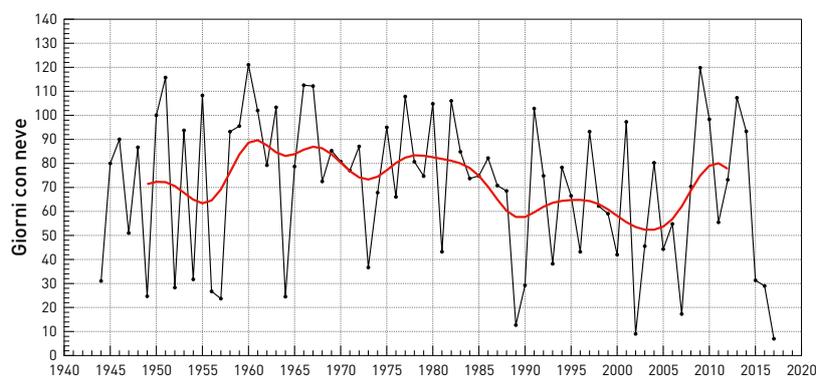
Rapporto sulla criosfera delle Alpi svizzere

Di nuovo, un inverno estremamente povero di neve e il forte caldo estivo hanno causato un forte scioglimento dei ghiacciai, che hanno perso circa il 3% del loro volume. La poca neve a inizio primavera e il freddo di gennaio sono per contro all'origine, per la prima volta da anni, di una pausa del riscaldamento del permafrost.

Testo: Matthias Huss, Andreas Bauder, Christoph Marty, Jeannette Nötzli

**Fig. 1:**

L'altezza relativa della neve nel gennaio 2017 a confronto con la media pluriennale (1971-2000). Nonostante l'inverno 2016/2017 caldo e povero di neve, le nevicate e un successivo periodo freddo hanno fatto sì che, in gennaio, sull'Altopiano vi fosse più neve del normale. Nelle Alpi, per contro, la quantità di neve era fortemente al di sotto della media. Grafico: SLF

**Fig. 2:**

Il numero di giorni con almeno 50 cm di neve per inverno. È rappresentato il valore medio di sei stazioni con influenze da sud tra i 1500 e i 1800 metri. I tre inverni dal 2014/2015 al 2016/2017 mostrano valori molto bassi, e dall'inizio delle misurazioni non sono mai stati tanto ridotti come lo scorso anno (7 giorni). Dal punto di vista statistico, nessuna tendenza è tuttavia riconoscibile negli ultimi 70 anni a queste quote. Grafico: SLF

Condizioni meteorologiche e neve

Nell'autunno 2016, soprattutto in novembre, sono cadute importanti quantità di neve, formando un manto nevoso molto promettente, che, sotto i 2000 metri, si è tuttavia sciolto nel corso di una durevole fase di favonio. L'estrema siccità ha fatto registrare un dicembre povero di neve, come mai se ne erano visti dall'inizio delle misurazioni, e sino a fine anno lo spessore della coltre bianca è rimasto generalmente molto ridotto. La neve è tornata a partire da gennaio, pure se in deboli quantità. Ciò nonostante, il periodo freddo e la molta nebbia che hanno seguito queste prime nevicate hanno fatto sì che l'Altopiano rimanesse coperto da un sottile strato nevoso per parecchie settimane (fig. 1). Le nevicate sono state poco generose anche in febbraio, e solo a inizio marzo diverse nevicate importanti hanno permesso di raggiungere per breve tempo delle altezze vicine alla media. Il caldo da record di marzo ha però causato il rapido scioglimento della neve invernale anche in montagna, così che presso numerose stazioni sopra i 1500 metri in entrambi i versanti alpini il numero di giorni con copertura nevosa ha fatto segnare primati negativi. L'inverno ha fatto ritorno a metà aprile, e ripetute nevicate lo hanno mantenuto nelle Alpi fino a inizio maggio. Secondo MeteoSvizzera, il paese ha conosciuto il suo sesto inverno (novembre-aprile) più caldo dall'inizio delle misura-

zioni, nel 1864. L'inverno è stato più caldo solo negli anni 1989/1990, 2006/2007 e dal 2013/2014 al 2015/2016. A causa delle temperature elevate e delle scarse precipitazioni nevose, a confronto con le medie pluriennali le altezze relative della neve al di sopra dei 1500 metri non sono mai state altrettanto basse dall'inizio delle misurazioni. Il versante meridionale delle Alpi è stato toccato dalla carenza di neve ancor più di quello settentrionale (fig. 2).

Scioglimento precoce ed estate più calda

Lo scioglimento della neve, che già a maggio era molto avanzato fino a quote elevate, è rapidamente continuato nel caldo di giugno. Il campo di misura del Weissfluhjoch, a 2540 metri, era già sgombrato da neve il 14 giugno, quasi un mese prima rispetto alla media. Durante gli ultimi 81 anni, la zona era rimasta senza neve già prima solo cinque volte. Durante l'estate, sino a fine agosto, le alte quote (2000-3000 m) sono rimaste coperte da un sottile strato di neve solo per singoli giorni. L'alta montagna, sopra i 3000 metri, ha per contro registrato ripetutamente la presenza di un manto nevoso. Il periodo estivo da giugno ad agosto 2017 è stato il terzo più caldo dal 1864. Rispetto alla media svizzera, la temperatura si è attestata a 3°C sopra la norma (1961-1990). Ognuno dei mesi estivi ha tuttavia conosciuto da una a due fasi fredde. La maggior parte delle precipitazioni ha interessato il



L'evoluzione del Tiefengletscher tra il 2014 e il 2017. La lingua si è separata sulla barra rocciosa, accorciando il ghiacciaio in modo impressionante. Foto: Lukas Eggimann

nord-ovest e il sud, i valori minimi sono stati registrati nel Vallese. Il settembre più freddo della media ha visto frequenti nevicate fino a quote medie.

Ghiacciai

Scioglimento estremo

In aprile e maggio 2017, sui ghiacciai dell'intero paese si sono registrate quantità di neve da leggermente a nettamente inferiori alla media. A causa del successivo intenso scioglimento, numerosi ghiacciai avevano perso gran parte della protezione della loro neve invernale già a inizio luglio. Con le condizioni stabili di piena estate, forti tassi di scioglimento si sono registrati in luglio e agosto. In particolare i ghiacciai delle quote più basse hanno nuovamente conosciuto uno scioglimento completo del manto nevoso. Le ripetute nevicate di settembre fino alla quota delle lingue glaciali hanno segnato la fine precoce del periodo di scioglimento, impedendo così una perdita di ghiaccio ancora più estrema.

Tra l'autunno 2016 e il 2017, il bilancio di massa – il saldo della quantità della neve invernale e dello scioglimento estivo – è stato determinato per 20 ghiacciai svizzeri. In tutte

le regioni del paese sono state osservate perdite fortemente superiori alla media. Le maggiori riduzioni dello spessore, con 2-3 metri in media, hanno interessato i ghiacciai delle Alpi bernesi occidentali e della zona della Novena (Glacier de Tsanfleuron, Glacier de la Plaine Morte e Griessgletscher), mentre i valori minori sono stati rilevati al Findelgletscher/VS. Per altri ghiacciai, le riduzioni di spessore oscillavano tra uno e due metri. Il volume del ghiaccio attualmente presente in Svizzera si è così ridotto all'incirca del 3%. I ghiacciai hanno perso una quantità d'acqua equivalente al contenuto di una piscina da 25 metri per ogni economia domestica del paese! La combinazione di un inverno povero di neve e di un'estate con elevati tassi di scioglimento ha causato perdite molto forti per i ghiacciai. La perdita record dell'estate 2003 non è tuttavia stata raggiunta (fig. 3).

Ulteriore ritiro delle lingue glaciali

L'evoluzione della lunghezza dei ghiacciai rispecchia la reazione al lungo termine di questi ultimi alle variazioni delle condizioni climatiche. Nell'autunno 2017 è stata misurata la posizione di 95 lingue glaciali. Praticamente tutti i ghiacciai esaminati hanno continuato a ridurre la loro lunghezza. In poche eccezioni, come il Brunnifirn/UR, la posizione dell'e-

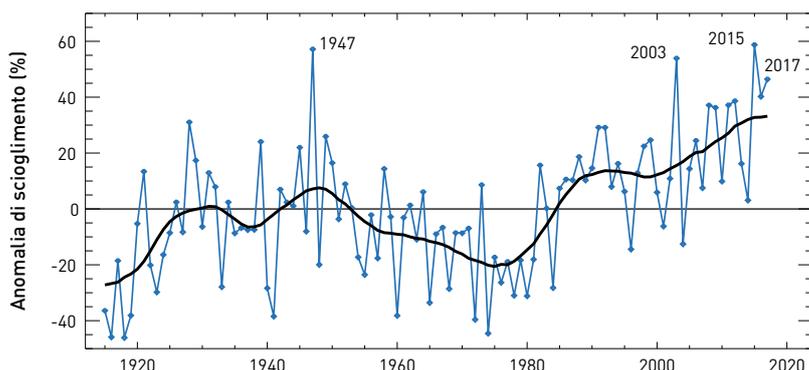


Fig. 3: Misurazioni annuali dello scioglimento dei ghiacci del Claridenfirn/GL e del Silvretta-gletscher/GR dal 1914. Il grafico mostra la variazione relativa della media sul lungo termine, calcolata come valore medio di tre serie di misure. Grafico: GLAMOS

stremità è rimasta quasi invariata. Per la maggior parte dei ghiacciai, le cifre del ritiro oscillano tra pochi metri e una cinquantina. Valori estremi, pari a parecchie centinaia di metri (620 m, 240 m, risp. 150 m) sono stati rilevati al Tiefengletscher/UR, allo Scalettagletscher/GR e al Glacier de Ferpècle/VS. In tutti i casi, questo ritiro straordinario è conseguenza di un'evoluzione di più anni. A causa della marcata copertura di detriti che interessa le lingue e della durevole carenza di alimentazione di ghiaccio dai nevai, le masse di ghiaccio fondono in modo molto irregolare, con le lingue che si assottigliano senza perdere molto in lunghezza. In singoli anni, è perciò possibile che importanti superfici vengano a trovarsi libere dal ghiaccio o che una parte della lingua si separi a un'irregolarità del terreno. Simili casi sono stati frequenti negli ultimi anni.

I ghiacciai scorrono più lentamente

I ghiacciai reagiscono in modo dinamico alle variazioni dell'accumulo di neve e allo scioglimento adeguando lo spessore e la lunghezza. L'ampiezza delle variazioni della massa e

del ritardo temporale degli effetti è diversa in funzione delle dimensioni del ghiacciaio. Il rilevamento delle velocità di scorrimento del ghiaccio consentono di documentare queste relazioni. Presso cinque ghiacciai svizzeri, la velocità di scorrimento del ghiaccio è misurata da decenni. Questo movimento dipende dallo spessore e dall'inclinazione del ghiacciaio e, analogamente alla lunghezza del ghiacciaio, le variazioni riflettono un'evoluzione a lungo termine. Nell'esempio del Glacier du Giétro/VS, l'evoluzione della velocità di scorrimento dal 1970 si lascia suddividere in tre periodi: i primi dieci anni con una velocità di scorrimento costante, quindi cinque anni di forte aumento della velocità e, da oltre 30 anni, un continuo rallentamento (fig. 4). Si tratta del risultato di un aumento dello spessore del ghiaccio fino alla metà degli anni 1980 e della sua successiva riduzione. Nella zona del nevaio le variazioni sono ridotte, mentre si manifestano molto chiaramente nella lingua. Queste variazioni rispecchiano l'alimentazione del ghiaccio dalle quote più alte, con una breve crescita del ghiacciaio, seguita dall'attuale, costante ritiro.

Eventi particolari

La frana del Pizzo Cengalo

Poco dopo il Natale 2011, 1,5 milioni di metri cubi di granito sono precipitati per ben 3000 metri dal versante nord del Pizzo Cengalo nella Val Bondasca, in Bregaglia/GR. Il sentiero escursionistico alpino tra le capanne CAS Sciora e Sasc Furà è stato sepolto ed è chiuso da allora. Nell'estate 2012, violenti temporali sono stati all'origine di colate di detriti che ne hanno trasportato i depositi più a valle, fino a Bondo. Da allora, sul Pizzo Cengalo si sono registrati numerosi crolli di roccia piccoli e grandi, e nell'estate 2017 si è verificata la frana più grande: il 23 agosto, poco sotto la frattura del 2011, si sono staccati ben tre milioni di metri cubi di roccia.

Le masse rocciose sono precipitate sul ghiacciaio sottostante, erodendolo. Una colata di detriti composta del materiale della frana e dell'acqua del ghiacciaio ha raggiunto Bondo, causando gravi danni a edifici e strade. Otto escursionisti che stavano scendendo dalla Capanna Sciora risultano da allora dispersi. Il ghiaccio visibile dopo l'evento nella zona del distacco suggeriscono la presenza di permafrost. Non sono disponibili misurazioni dirette delle temperature della roccia, ma le stime basate su misure in versanti paragonabili danno valori medi nella zona di di-



Il versante nord-est del Pizzo Cengalo dopo la frana del 23.8.2017. Le masse rocciose si sono staccate nella zona chiara. Foto: Marcia Phillips

stacco comprese tra circa -1 e -4 °C. I processi di disgelo profondi e a lungo termine che hanno interessato il permafrost negli ultimi decenni, come pure le infiltrazioni d'acqua piovana e di scioglimento, possono, unitamente a una serie di altri fattori, aver contribuito alla valanga di roccia caduta dal Pizzo Cengalo.

Distacco di un ghiacciaio sospeso al Weissmies

Una grande massa di ghiaccio nel versante nord del Weissmies/VS – immediatamente sopra la via normale per la vetta da Hohsaas – è stata dichiarata instabile nel 2014 e costantemente sorvegliata con diversi strumenti di misura. Con il distacco completo di circa 500 000 metri cubi di ghiaccio, la valanga avrebbe potuto raggiungere il villaggio di Saas Grund. Due i fattori alla base di questa pericolosa situazione: da un canto, il ritiro del Triftgletscher ha tolto sostegno al ghiacciaio sospeso. Dall'altro, il riscaldamento ha fatto sì che il ghiaccio non aderisse più alla roccia. Nell'agosto del 2017 si è rilevata una forte accelerazione del ghiacciaio, indicando la vicinanza del distacco. Il 9 settembre sono state misurate velocità superiori a un metro al giorno ed è stata necessaria l'evacuazione di diverse le case minacciate a valle. La notte successiva, gran parte della massa di ghiaccio instabile è crollata, fortunatamente non in un sol colpo, bensì in più di una dozzina di piccole valanghe di ghiaccio con portata ridotta, che non hanno causato danni.

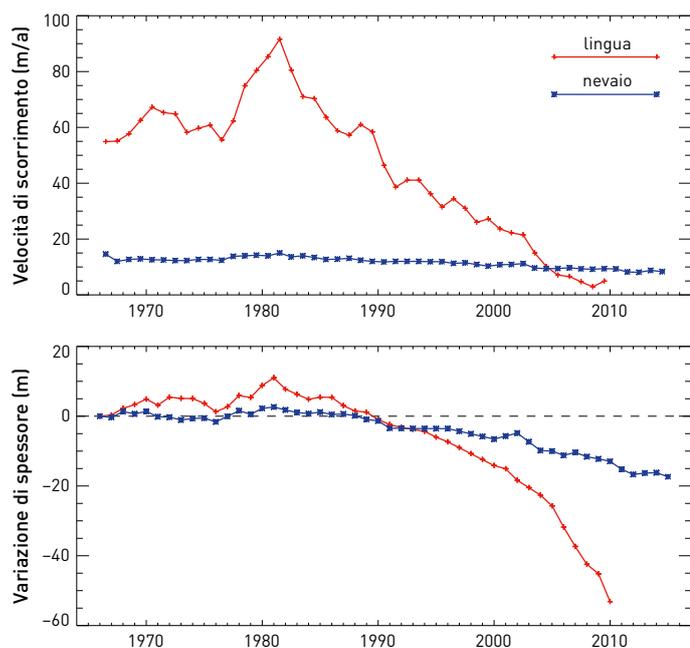


Fig. 4: Evoluzione temporale della velocità di scorrimento del ghiaccio (sopra) e dello spessore del ghiaccio (sotto) in due punti di misura (sulla lingua e sul nevaio) al Glacier du Giévro/VS. Grafico: GLAMOS

La rete di misure della criosfera in Svizzera

Il monitoraggio della criosfera concerne ghiacciai, neve e permafrost (www.cryosphere.ch). Osservazioni e misurazioni sono coordinate dalla Commissione di esperti criosfera (CEC). Le misurazioni relative alla neve sono eseguite dall'Ufficio federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera e dal WSL – Istituto per lo studio della neve e delle valanghe (SLF) sulla base dei rilevamenti presso circa 150 stazioni di misura. I rilevamenti su circa 120 ghiacciai sono affidati, nell'ambito della rete svizzera di misurazione dei ghiacciai GLAMOS, a diverse scuole superiori, a uffici forestali cantonali, ad aziende idroelettriche e a privati (www.glamos.ch). La rete svizzera del permafrost PERMOS è gestita da diverse scuole superiori e dallo SLF e comprende 29 siti con rilevamenti termici, geoelettrici e/o di movimento (www.permos.ch).

Permafrost

Breve pausa nella tendenza al riscaldamento

Poiché nell'inverno 2016/2017 il manto nevoso isolante si è formato solo molto tardi, le fredde temperature invernali hanno avuto modo di raffreddare in modo efficiente gli strati del permafrost prossimi alla superficie. Questo vale per le zone di permafrost nelle quali la neve influenza fortemente le condizioni termiche del sottosuolo, ad esempio nei pendii detritici e per i ghiacciai rocciosi. Nell'inverno 2016/2017, le temperature misurate alla superficie del terreno hanno raggiunto valori tra i più bassi delle misurazioni eseguite in 10-25 anni. Il rapido scioglimento della neve dovuto al caldo della primavera/estate ha però fatto sì che la superficie rimanesse esposta all'insolazione e alle temperature elevate già presto nell'anno. I valori misurati in quel periodo risultano perciò nettamente al di sopra delle medie annue.

Queste oscillazioni delle temperature superficiali influiscono con ritardo anche su quelle di profondità e conseguentemente sul permafrost. Il permafrost è un fenomeno del sottosuolo nelle regioni fredde. Nelle Alpi lo si incontra nelle pareti rocciose e nei versanti detritici al di sopra del limite di boschi, celato sotto uno strato spesso pochi metri che d'estate sgela. Diversamente dai ghiacciai, queste variazioni non sono immediatamente visibili, rendendo necessarie misurazioni mediante perforazioni. A 10 metri di profondità, nella maggior parte dei 16 siti in osservazione, le temperature sono risultate nettamente inferiori a quelle degli anni precedenti. In alcuni luoghi, questo calo delle temperature è addirittura stato osservato a 20 metri di profondità (fig. 5), in particolare nelle regioni secche dell'Engadina e del versante sud delle Alpi, dove già l'inverno 2015/2016 è arrivato molto tardi. Il raffreddamento è perciò la conseguenza di due inverni poveri di neve. Diversamente dai pendii detritici e dai ghiacciai rocciosi, nei punti di misura situati in pareti rocciose molto scoscese non si è osservata alcuna interruzione della tendenza al riscaldamento del permafrost: siccome proprio a causa della ripidità tipicamente non si formano strati di neve isolanti, le temperature superficiali – e con ritardo quelle in profondità – seguono l'andamento di quelle dell'aria. Le differenze delle condizioni di innevamento da un'anno all'altro non hanno perciò alcuna influenza sull'evoluzione del permafrost. Il raffreddamento è risultato meno forte anche nei siti con temperature del permafrost prossime a 0 °C. Quelle misurate d'estate a 10 metri di profondità nel versante nord dello Schilthorn/BE, a 2700 metri, erano addirittura le seconde più alte dopo il 2015. Qui, le misurazioni geofisiche hanno anche fornito i valori di resistenza elettrica del sottosuolo più bassi da 17 anni. Queste misurazioni indirette completano le osservazioni sulle temperature e dimostrano un aumento della quota l'acqua disgela nel permafrost. Questo significa che parte del ghiaccio si è ormai sciolta.



Misurazioni nella zona del nevaio del Findelgletscher/VS. Foto: Matthias Huss

I ghiacciai rocciosi rallentano

Parallelemente al calo della temperatura del permafrost, anche i ghiacciai rocciosi hanno in generale rallentato il loro movimento. Nel 2016/2017 le loro velocità di scivolamento sono risultate in media del 30% inferiori rispetto all'anno precedente. Esse si situano tuttavia sempre nettamente al di sopra dei valori registrati attorno al 2000, con l'inizio delle misurazioni, e in alcuni punti si aggirano a parecchi metri ogni anno. Negli anni 1990, il movimento di queste forme di terreno composte di massi rocciosi e ghiaccio era ancora espresso in decimetri all'anno. L'interruzione della tendenza al riscaldamento del permafrost osservata nel 2016/2017 è la conseguenza della scarsità di neve all'inizio dell'inverno. Considerando le condizioni meteorologiche, questa pausa è da ritenere solo temporanea. Gli influssi nel permafrost della calda estate 2017, inoltre, non sono ancora stati interamente considerati, poiché diventano visibili solo dopo circa sei mesi a una profondità di 10 metri.

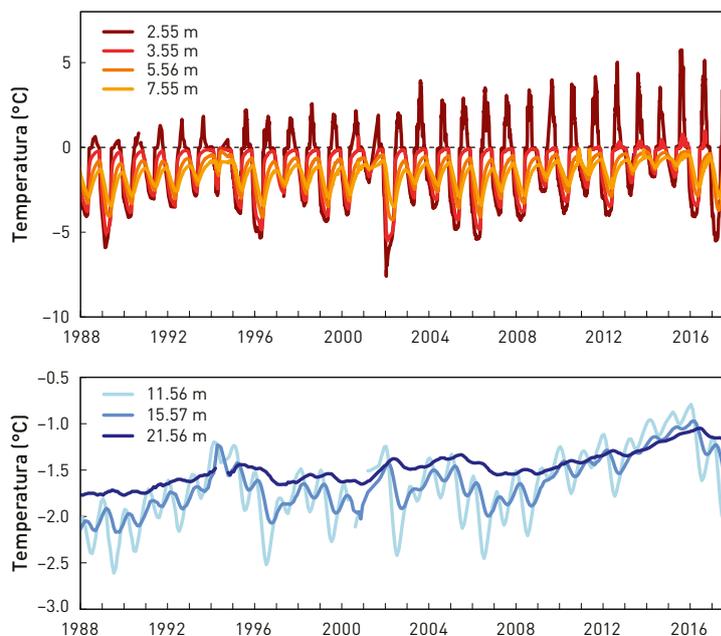


Fig. 5: Evoluzione delle temperature sull'arco di 30 anni in prossimità della superficie (sopra) e a 10-20 metri di profondità (sotto) in un foro di carotaggio sul ghiacciaio roccioso del Corvatsch-Murtèl a 2700 metri. Grafico: PERMOS