

# NERO COME IL GHIACCIO

I ghiacciai delle Alpi sono più numerosi, ma il loro spessore è diminuito. E sono in aumento i “ghiacciai neri” a bassa quota, conseguenza della fusione del permafrost.

Il glaciologo Claudio Smiraglia ispeziona la fronte del Ghiacciaio dei Forni, in Valtellina. Questo ghiacciaio, come moltri altri dell'arco alpino, si sta ritirando.



di Jacopo Pasotti  
fotografie di Paolo Petrignani

**L**elicottero sorvola rumorosamente il ghiacciaio. L'estate è quasi terminata e il ghiaccio è coperto da detriti e polveri, una sorta di velatura estiva che le prime nevi nasconderanno presto. È il Dosdè, in Alta Valtellina, a 3.200 metri di altitudine. Di ghiacciai come questo sulle Alpi ce ne sono a centinaia. Per gli studiosi però il Dosdè è una sorta di laboratorio a cielo aperto. Noi, insieme al team dell'Università di Milano, siamo qui per un enorme telo blu, che gli studiosi hanno steso sul ghiacciaio e che spicca nell'anfiteatro roccioso d'alta montagna. «Stiamo sviluppando un progetto per stimare la fusione dei ghiacciai», spiegano Claudio Smiraglia e Guglielmina Diolaiuti, glaciologi dell'Università di Milano. «Come questa cambia nel tempo, e come ciò influisce sulle riserve idriche dell'arco alpino». Quel telo blu è parte del progetto.

A PARTIRE DAL 1895 il Comitato Glaciologico Italiano e diversi organismi regionali hanno misurato e documentato le oscillazioni annuali delle fronti dei ghiacciai. Più di un secolo di studi ha prodotto due importanti inventari dei ghiacciai italiani. Uno risale al 1962, il più recente è invece del 2014. «Il primo censimento contava 824 ghiacciai», spiega Smiraglia. «Paradossalmente oggi sono 896. Questo però non significa che siano cresciuti. L'aumento apparente è dovuto alla loro frammentazione in corpi distinti ma più piccoli e di minor spessore». L'informazione che ora serve agli studiosi per monitorare l'effettiva riduzione dei ghiacciai è però il "bilancio di massa": la differenza tra il ghiaccio accumulato a seguito delle nevicate invernali e quello perso durante i mesi estivi, quando il ghiaccio si scioglie. È una misura complessa, ed è fatta solo su alcuni (pochi) ghiacciai campione.

Il regno delle cosiddette "nevi perenni" perenne non lo è affatto, si sta anzi restringendo. L'entità del ritiro, la velocità con cui avviene, sono aspetti ancora poco chiari. «Conosciamo bene una trentina di ghiacciai italiani. (Continua a pag. 30)



Operatori del Servizio glaciologico lombardo all'opera sul Ghiacciaio dei Forni, in alta Valtellina. Ogni anno una moltitudine di volontari e ricercatori misurano l'accumulo della neve (a monte) e lo scioglimento del ghiaccio (a valle) per monitorare lo stato dei ghiacciai italiani.

I glaciologi dell'Università degli Studi di Milano dispongono sul ghiacciaio Dosdè un telo geotessile che servirà come riferimento per posizionare l'immagine del satellite Landsat, consentendo di monitorare la superficie del ghiaccio.





Sopra, un'immagine aerea del Ghiacciaio dei Forni, che con i suoi 10 chilometri quadrati di superficie è il secondo in Italia. Negli anni Cinquanta la sua superficie era maggiore di un terzo circa. Alla fine dell'estate la lunga lingua di ghiaccio appare ricoperta di detriti, nonostante il fatto che le abbondanti nevicate dell'estate 2014 (in alto nella foto) abbiano donato al ghiacciaio un inatteso "nutrimento". A destra, operatori del Servizio glaciologico lombardo impiegano uno strumento speciale per forare il ghiaccio con il vapore. Nei fori impianteranno delle paline graduate per misurare la fusione superficiale del ghiacciaio.





Così appare alla fine dell'estate un ghiacciaio alpino: nero per le polveri, la fuliggine e l'inquinamento, ma spesso anche ricoperto di ghiaia e blocchi (come quello nella foto) scaricati dai margini rocciosi dei ghiacciai. Un fenomeno, dicono gli studiosi, destinato ad aumentare.

(Segue da pag. 22) Ora ci serve un metodo, possibilmente economico, per la stima del bilancio dell'insieme dei ghiacciai alpini», dice Diolaiuti.

È qui che entra in scena la ricerca Levissima Spedizione Ghiacciai, a cui partecipano l'Università degli Studi di Milano, il comitato EvK2CNR, e Levissima in qualità di *donor* per la realizzazione del progetto che durerà tre anni. Il laboratorio naturale consiste in un ghiacciaio (il Dosdè), un telo blu (un geotessile atossico, per la precisione), una sofisticata stazione meteorologica, un drone e il satellite Landsat della NASA. Con essi i glaciologi intendono mettere a punto un sistema per monitorare il cambiamento dei ghiacciai italiani.

Per farlo, i ricercatori studieranno la "pelle", cioè la superficie, dei ghiacciai. È qui infatti che avviene lo scambio energetico tra il ghiaccio e l'ambiente. «Tra i fattori che agiscono sulla dinamica dei ghiacciai, la superficie è quella che conta maggiormente», spiega Smiraglia.

BASTA OSSERVARLI IN ESTATE e le diverse pelli dei ghiacciai saltano all'occhio. «Alcuni sono coperti di neve, o di neve trasformata in grani di ghiaccio; altri di detrito fine o più grossolano, oppure polveri scure o chiare», dice Smiraglia. Ciascuno di questi materiali riflette la luce solare in maniera diversa. Alcune polveri, per esempio, raddoppiano la fusione della superficie di un ghiacciaio. La polvere (limo, smog) riduce il candore dei ghiacciai, assorbe calore e accelera la fusione. «Anche se di dimensioni microscopiche, la quantità di polveri che arrivano dalla pianura è enorme», dice Smiraglia.

Smiraglia ha già da tempo osservato che limo, sabbia e ciottoli che ricoprono un ghiacciaio possono favorirne o rallentarne la fusione: «Lo abbiamo visto inizialmente sui ghiacciai del Karakorum. C'è uno spessore critico, in genere di pochi centimetri, sotto il quale il detrito scuro riscalda il ghiaccio favorendone la fusione. Al di sopra di questo spessore invece lo protegge come una coperta». È per questo che il Baltoro e altri colossi himalayani (ma non solo) si spingono così a fondo in valli che d'estate si scaldano come forni. Il ghiaccio è ricoperto di detriti per chilometri, tanto che ora sono noti come "ghiacciai neri".

La novità è che i ghiacciai neri ci sono anche nelle Alpi, e sono in aumento. «C'è il ghiacciaio del Belvedere, sul Monte Rosa, e quello della Brenva, sul Monte Bianco. Scendono fino a 1.800 metri. L'altitudine media dei ghiacciai è altrimenti oltre i 3.000 metri», spiega Diolaiuti. «Aumenteranno perché i versanti delle montagne, una volta sorretti dal ghiaccio stesso e privati del permafrost che legava le rocce, rilasciano più materiale».

Gli strumenti a disposizione del team serviranno quindi ad allargare la prospettiva dagli studi sul Dosdè all'intero arco alpino. Il telo blu serve ad "ancorare a terra" le immagini di Landsat: il colore spiccherà nella foto che il satellite scatta quotidianamente da 700 chilometri di altezza, permettendo di collocare con precisione l'immagine. Alcuni sensori simili a quelli di Landsat ma applicati al drone, invece, permetteranno di "fotografare" i materiali e le loro proprietà. L'immagine del drone ha un dettaglio maggiore di quella del satellite, e verrà quindi usata per tarare i sensori dei satelliti. Il passo successivo sarà estendere quanto osservato sul Dosdè agli altri ghiacciai alpini. «Il drone è un passaggio intermedio tra il lavoro sul terreno e i dati raccolti dal satellite», chiarisce Smiraglia.

La stazione meteorologica EvK2CNR, infine, permette (insieme agli altri dati) di valutare gli scambi energetici tra ghiaccio e atmosfera. Continua il glaciologo: «Aggiungeremo al catasto dei ghiacciai un'informazione importante: quali sono coperti da polveri o detriti, quanto è lo spessore del materiale e quanto rapidamente si sciogliono».

Visto che Landsat passa quotidianamente sulla catena alpina, sarà possibile fornire dati sulla fusione dei ghiacciai italiani quasi in tempo reale. Ecco dunque il catasto 2.0, spiegano i ricercatori, un'immagine della fusione dei ghiacciai aggiornata di continuo grazie ai satelliti.

La stima della quantità di acqua rilasciata dai ghiacciai nei mesi estivi ha anche risvolti pratici. Il metodo che l'Università di Milano sta sviluppando sarà utile per le amministrazioni pubbliche che necessitano di strumenti per la valutazione delle riserve idriche delle Alpi. □

*Le ricerche illustrate in questo articolo sono state possibili grazie al finanziamento di Levissima.*



Un ricercatore si è avventurato all'interno del ghiacciaio per prelevare dei campioni. Dentro si forma un dedalo di cunicoli scavati dall'acqua di fusione; talvolta si ostruiscono e, quando si riaprono, liberano grandi quantità di acqua nella valle sottostante.



Roberto Ambrosini, biologo dell'Università di Milano-Bicocca, cerca pozze d'acqua che potrebbero celare indizi sulle forme di vita microscopiche che per prime colonizzano sul Ghiacciaio del Belvedere, in Val d'Ossola. Nell'immagine è chiaramente visibile il ghiaccio sottostante i detriti. A destra, Marco Caccianiga e una collega botanica dell'Università degli Studi di Milano studiano il modo in cui la vegetazione colonizza gli spessi detriti che coprono i ghiacciai neri. Il Ghiacciaio del Belvedere raggiunge la quota minima (molto bassa per un ghiacciaio) di 1.785 metri. Il detrito lo protegge dal calore estivo e dai raggi del sole.





Durante l'estate del 2014 ha nevicato molto sui ghiacciai italiani. L'apparenza però inganna: poco sotto la coltre potrebbe celarsi un crepaccio profondo anche 30 metri. Perciò operatori e ricercatori procedono legati durante la ricognizione.

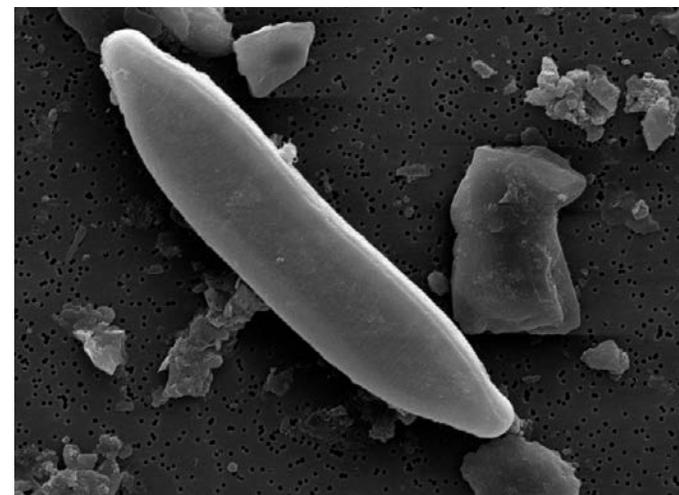
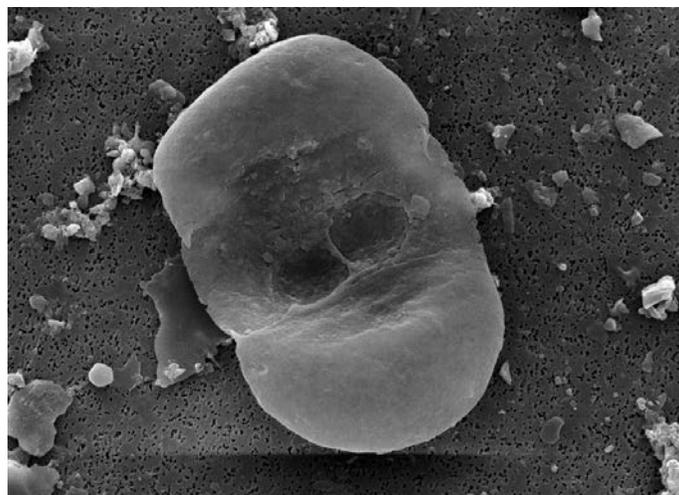
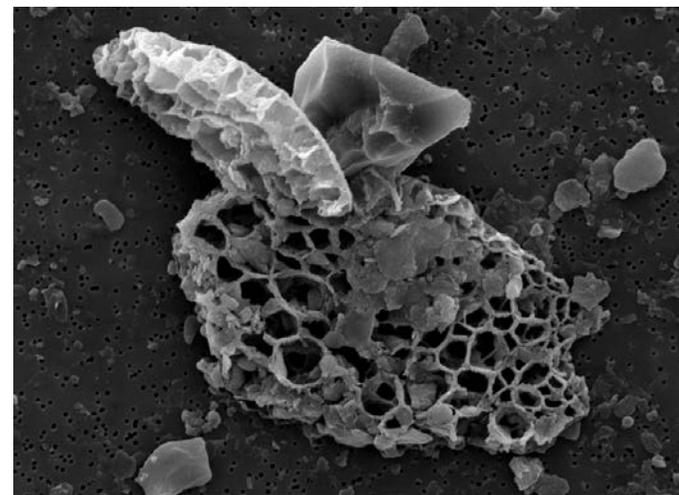
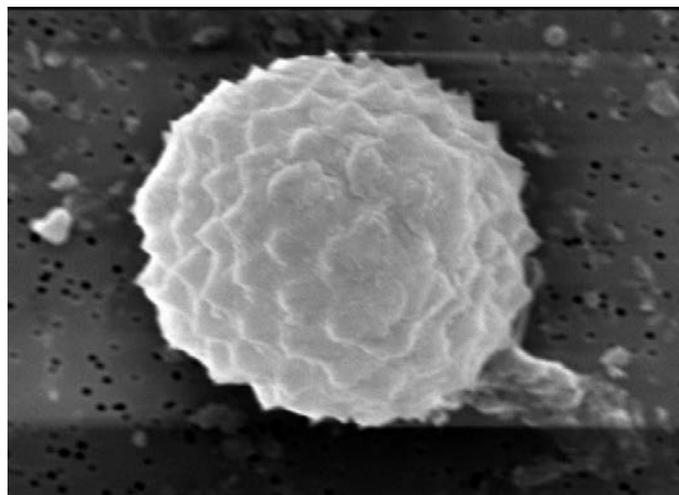
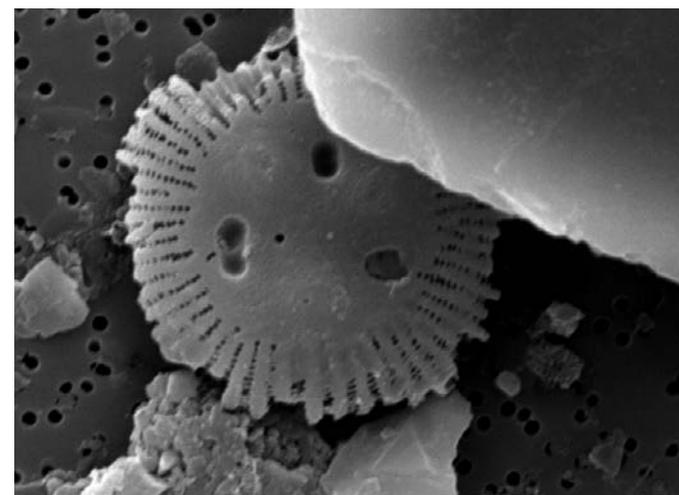
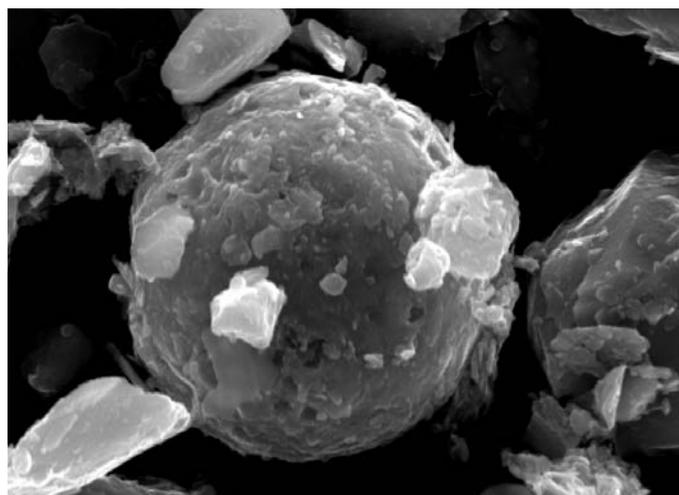
# IL GHIACCIAIO VIVENTE

**S**iamo abituati a considerarli come ambienti sterili e desolati, ma in realtà c'è vita sui ghiacciai e intorno a loro. E con l'aumento di polvere e detrito, cresce anche l'attività biologica. I microbiologi Andrea Franzetti e Roberto Ambrosini dell'Università di Milano-Bicocca raccontano, per esempio, che le piccole cavità scavate dall'acqua sulla superficie del ghiacciaio pullulano di vita. «Si chiamano crioconiti», spiega Ambrosini, «e contengono batteri che sono alla base della catena alimentare, fissano l'azoto e la CO<sub>2</sub> iniziando un ciclo che genera nutrienti che sono rilasciati poi a valle dal ghiacciaio». Questi batteri interessano gli scienziati anche perché, per il loro adattamento a un ambiente estremo, potrebbero avere applicazioni industriali, per esempio in farmacologia.

In alcuni casi, sulla parte bassa dei ghiacciai si forma anche del suolo vero e proprio. «A mano a mano che la vegetazione colonizza i ghiacciai neri, osserviamo un aumento della biodiversità ad altitudini più elevate», spiegano i botanici Marco Caccianiga e Chiara Compstella dell'Università degli Studi di Milano. Sulla fronte del ghiacciaio del Belvedere crescono perfino larici e salici. Sono alberelli un po' sofferti, ritorti, con forme spesso bizzarre. Non è facile crescere su una fronte di ghiacciaio, che seppur di poco, si muove. Alcuni alberi hanno perfino 70 anni d'età, ma non vivono molto più a lungo: raggiunta la fronte il ghiacciaio li scarica dal dirupo, quasi a picco su Macugnaga.

Con il cambiamento climatico i ghiacciai neri, che meglio sopportano il caldo ma hanno un cuore freddo, possono diventare un rifugio per specie animali e vegetali di alta montagna. Si forma quindi un'inversione delle comunità biologiche, con piante e animali d'alta quota rifugiati più in basso. È ciò che succede con il ranuncolo dei ghiacciai, o alcune specie di aracnidi, che trovano riparo (almeno per ora) nei ghiacciai neri. Intorno, intanto, il bosco di larici sale di quota.

Nell'ultima fase del progetto la glaciologa Guglielmina Diolaiuti intende integrare il futuro catasto dei ghiacciai con informazioni sulla biologia del nuovo ecosistema glaciale. La studiosa conta anche su attività di *citizen science*, in cui comuni cittadini collaborano con i ricercatori segnalando le specie osservate durante le escursioni. □



Queste immagini riprese con il microscopio elettronico a scansione mostrano ciò che si trova sulla superficie di un ghiacciaio alpino (in questo caso, il Ghiacciaio dei Forni); elementi inquinanti e non, che comunque contribuiscono a scurire la superficie del ghiaccio.

**In alto a sinistra:** cenosfere, piccole sfere di silicio e alluminio, prodotte dalla combustione del carbone negli impianti industriali. Sono state portate sul ghiacciaio dal vento. Potrebbero provenire dagli impianti industriali della Pianura padana e sono la prova che l'inquinamento raggiunge le vette alpine. Il loro effetto sui ghiacciai va ancora studiato, ma è certo che contribuiscono ad aumentare, in piccola scala, lo scioglimento del ghiaccio.

**In alto a destra:** diatomee: alghe unicellulari probabilmente portate dal vento. Vivono in genere in laghi, fiumi o pozze d'acqua.

**Al centro, a sinistra:** pollini portati sul ghiaccio dal vento.

**Al centro a destra:** frammenti di tessuto vegetale, derivati dalla combustione di legna.

**In basso, a destra e a sinistra:** spore, anch'esse prodotte dalla vegetazione circostante e portate dal vento.

LE IMMAGINI AL MICROSCOPIO ELETTRONICO SONO STATE RIPRESE CON IL SEM DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO (UNIMI) E CNR-IDPA DA R.S. AZZONI E A. RIZZI. FOTO: ANDREA ZERBONI E ROBERTO AZZONI