

L'IMPATTO DEL RISCALDAMENTO GLOBALE SUI GHIACCIAI ALPINI

DALLA METÀ DEL DICIANNOVESIMO SECOLO A OGGI I GHIACCIAI ALPINI SI SONO RIDOTTI DI OLTRE IL 50%, CON UNA FORTE PERDITA DI RISERVA IDRICA IMMAGAZZINATA. LA CAUSA PRINCIPALE È IL RISCALDAMENTO ATMOSFERICO, CHE PROVOCA ANCHE UNA MAGGIORE INSTABILITÀ DI LAGHI E FRONTI GLACIALI.

La riduzione dei ghiacciai rientra tra le conseguenze più evidenti del riscaldamento globale in area alpina, con effetti apprezzabili anche da un vasto pubblico non specialistico, e per questo costituisce un elemento di grande efficacia nella sensibilizzazione sui temi ambientali. Salvo isolate e temporanee eccezioni, l'attuale crisi della criosfera riguarda tutte le catene montuose del mondo (Unep-Wgms, 2009), con molteplici implicazioni: alterazione dei regimi idrologici e maggiore esposizione di agricoltura e produzione idroelettrica alle siccità estive, diminuzione di stabilità dei versanti per fusione del permafrost, perdita di endemismi caratteristici degli ambienti glaciali, minore attrazione turistica dell'alta montagna, aumento dei rischi legati alla mutata dinamica glaciale (improvviso svuotamento di nuovi laghi, crollo di seracchi).

I ghiacciai alpini, dopo l'ultima avanzata della Piccola Età Glaciale (Peg, 1350-1850), hanno subito fino a oggi un regresso pressoché continuo, sia areale sia volumetrico, interrotto solo da brevi avanzate o stasi intorno al 1880, 1920, e tra il 1970 circa e il 1986 (Citterio et al., 2007). Si stima che la superficie glaciale delle intere Alpi verso il 1850 (culmine Peg) ammontasse a 4.474 km², ridottisi a 2.272 km² nel 2000 (Zemp et al., 2008) e a 2.050 km² nel 2003, secondo il catasto

di Paul et al. (2011) basato su immagini satellitari Landsat, con una contrazione del 54% in poco più di un secolo e mezzo. A scala regionale si trovano valori analoghi, talora con riduzioni più rilevanti: i ghiacciai del lato piemontese del Gran Paradiso avevano perso il 50% dell'area ottocentesca già nel 1991 (Mercalli e Cat Berro, 2005), e in seguito si sono ulteriormente ritirati.

Si stima che attorno al 2000 in Italia la superficie glaciale corrispondesse a poco meno di 500 km², e che la riserva idrica immagazzinata ammontasse a circa 16 miliardi di m³ (Smiraglia et al., 2003; Smiraglia, 2008), pari a poco meno della metà del volume del Lago Maggiore. Un campione di 120-150 ghiacciai viene sorvegliato nell'ambito delle annuali campagne di osservazione condotte con continuità dal 1925 e coordinate dal Comitato glaciologico italiano, in collaborazione con Società meteorologica italiana, Servizio glaciologico lombardo, Servizio glaciologico dell'Alto Adige, Società degli alpinisti trentini.

Il monitoraggio consiste per lo più in riprese fotografiche da stazioni fisse e nella misura speditiva degli spostamenti lineari della fronte, un indicatore tuttavia non sempre rappresentativo della dinamica glaciale, poiché è influenzato dalle caratteristiche morfologiche e dunque dal tempo di reazione di ciascun

ghiacciaio al clima. Solo su alcuni apparati si svolgono campagne più complesse con rilievi di bilancio di massa, Gps od occasionali misure di profondità tramite Gpr (*Ground Penetrating Radar*). Il ghiacciaio del Lys, sul versante valdostano del Monte Rosa (9 km² nel 2010), vanta la più lunga serie di variazioni frontali in Italia, iniziata nel 1812: dal massimo Peg (qui avvenuto nel 1860) il regresso ha raggiunto i 1700 m circa e – a testimonianza delle profonde trasformazioni ambientali in corso in alta montagna – con un incremento della temperatura media di poco superiore a 1 °C e la conseguente scomparsa del ghiaccio, l'anfiteatro morenico Peg è stato colonizzato da una copertura dapprima erbacea e poi forestale a *Larix decidua* fino a quota 2.150 m circa (Mercalli et al., 2006). Serie pluridecennali di variazioni frontali sono disponibili anche per altri numerosi ghiacciai: Pré de Bar (Monte Bianco), Grande di Verra (Monte Rosa), Forni, Vitelli, Dosegù, Cevedale e Solda (Ortles-Cevedale), Lobbia, Lares, Mandrone, Cornisello e Presanella (Adamello-Presanella), Vallenga (Alpi Venoste), Malavalle (Breonie), Marmolada (Dolomiti). Tutti hanno evidenziato intensi ritiri dall'apice Peg a oggi, compresi tra 400 m e oltre 1,5 km. Attualmente più nessun ghiacciaio alpino è in reale avanzata attribuibile a favorevoli



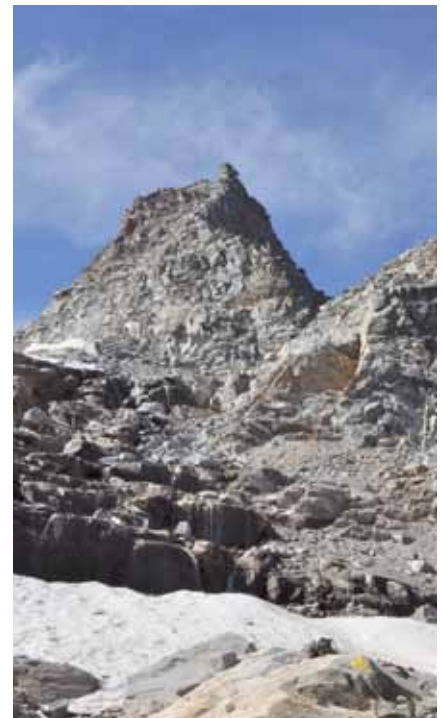
FOTO: L. MERCALI

condizioni di alimentazione. Tra il 1999 e il 2004 la lingua del ghiacciaio del Belvedere (Macugnaga) ha conosciuto un cospicuo inturgidimento, riconducibile però a un fenomeno di *surge* originatosi sulla parete nord-orientale del Monte Rosa, senza incremento complessivo del volume glaciale (Mortara e Tamburini, 2009).

Se nel 1980, durante l'ultima e temporanea fase di progresso, quasi tutti i ghiacciai controllati erano in avanzata o stazionari, nel 2007 la percentuale in regresso era del 99% (Baroni et al., 2008), e perfino nel 2009 – dopo un inverno estremamente ricco di neve ma a cui è seguita la seconda estate più calda da 250 anni al Nord Italia – la situazione era estremamente sfavorevole con l'85% di regressi, talora di impressionante entità (-167 m al Montandeyné sul Gran Paradiso, -170 m al Sissone sulle Alpi Retiche) (Baroni et al., 2010).

Il bilancio di massa è una procedura di monitoraggio più laboriosa, che comporta due sopralluoghi annui (uno a fine primavera per la determinazione dell'accumulo stagionale in equivalente d'acqua tramite carotaggio e pesatura di campioni di manto nevoso, e uno a fine estate per la valutazione della fusione del ghiaccio tramite paline ablatometriche), ma maggiormente significativa rispetto alla misura frontale (Hubbard e Glasser, 2005). Dato l'impegno logistico e i costi, sulle Alpi italiane viene eseguito regolarmente solo su una decina di ghiacciai: Ciardoney, Timorion e Grand Etret (Gran Paradiso), Pizzo Scalino (Bernina), Dosdè Orientale, Sforzellina e Caresèr (Cevedale), Vedretta Pendente, Malavalle e Fontana Bianca (Alto Adige). La più lunga serie è relativa al Caresèr, con inizio nel 1967 a cura di Giorgio Zanon: in 44 anni si è perso uno spessore medio di ghiaccio equivalente a una lama d'acqua di ben 43,8 m (Zanon, 1992; Carturan e Seppi, 2007). Sugli altri ghiacciai elencati tali misure sono cominciate più tardi, negli anni 1980-1990 (e altri si sono aggiunti negli anni più recenti soprattutto sulle Alpi lombarde: Lupo, Suretta Meridionale, Alpe Sud), ma già emergono dati significativi, come i -26,2 m di acqua equivalente sul Ciardoney dal 1992 al 2011, con tassi di riduzione dell'ordine di 1,3 m/anno (Mercalli e Cat Berro, 2005).

1 Il regresso dei ghiacciai alpini è stato particolarmente intenso dopo la fine degli anni 80: la ripida lingua frontale del ghiacciaio occidentale del Carro (Gran Paradiso) è completamente scomparsa tra il 1987 e il 2010.



1

A partire dal 2003 si è osservata ovunque una forte accelerazione dei regressi, e molti piccoli ghiacciai in situazioni geografiche marginali per il glacialismo si sono già estinti, soprattutto su Alpi Marittime, Monviso, versante Sud del Gran Paradiso, Dolomiti. Al contrario, alle quote più elevate, sopra i 4.000 m, per ora l'incidenza del riscaldamento sui volumi glaciali è stata marginale, come attestato per il Monte Bianco da Vincent et al. (2007).

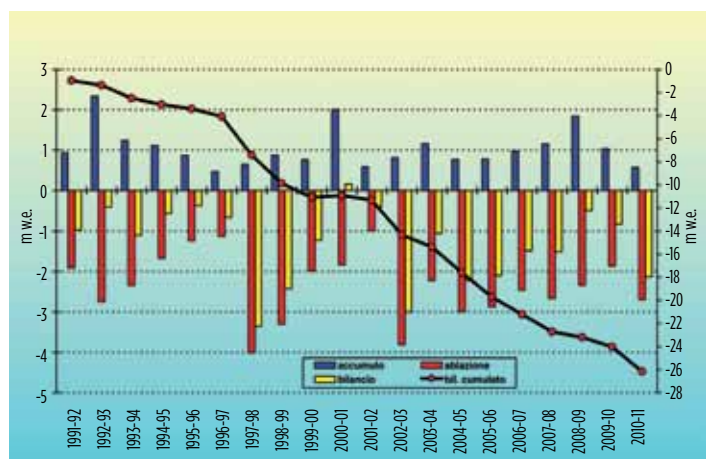
Le cause dell'attuale regresso glaciale risiedono principalmente nella fusione estiva più intensa e prolungata a causa delle temperature più elevate, +1.2 °C a livello annuale sulle Alpi durante il XX secolo (Böhm et al., 2001; Brunetti et al. 2006; Auer et al., 2007), aumento quasi doppio rispetto a quanto osservato a scala mondiale, +0.74 °C (Ipc, 2007),

a conferma dell'elevata sensibilità della regione al cambiamento climatico, mentre variazioni nell'alimentazione nevosa invernale sembrano avere un ruolo più modesto alle quote dei bacini glaciali (Mercalli et al., 2008).

Il riscaldamento atmosferico ha altresì moltiplicato la formazione di nuovi e instabili laghi glaciali, con alcuni casi emblematici sulle Alpi occidentali: sul ghiacciaio del Rocciamelone (Alpi Graie) un lago marginale ampliatosi dagli anni 1980 ha raggiunto nel 2004 un volume di circa 650.000 m³ prima di essere artificialmente svuotato dalle autorità francesi per scongiurare un improvviso cedimento verso la Valle dell'Arc (Mercalli et al., 2002; Vincent et al., 2010). Tra il 2001 e il 2003 lo sviluppo del grande Lago Effimero (stimati circa 3 milioni di m³) sul

FIG. 1
LA RIDUZIONE
DEL CIARONEY

Serie dei bilanci di massa annuali misurati al ghiacciaio Ciardoney (Gran Paradiso) tra le stagioni idrologiche 1991-92 e 2010-11. In vent'anni la perdita media di spessore è stata di circa 1,3 m/anno di acqua equivalente, con valore cumulato del bilancio di -26,2 m.



Ghiacciaio del Belvedere (Monte Rosa) ha richiesto il dispiegamento di una grandiosa operazione di protezione civile per il controllo del rischio (Mortara e Tamburini, 2009). Nel 2010 i ricercatori del Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement di Grenoble (Lgge) hanno scoperto un accumulo di circa 65.000 m³ d'acqua interno al piccolo ghiacciaio di Tête Rousse (versante francese del Monte Bianco), laddove già nel 1892 la rottura improvvisa di un analogo serbatoio aveva scatenato una violenta GLOF (*Glacial Lake Outburst Flooding*) responsabile di 175 vittime nel sottostante paese di St-Gervais-Les Bains; anche in questo caso si è proceduto a un delicato drenaggio controllato (Gagliardini et al., 2011). All'aumento delle temperature in quota, alla maggiore presenza di acqua liquida all'interfaccia roccia-ghiaccio e allo scongelamento del permafrost si riconduce l'incremento di crolli rocciosi e di fronti glaciali sospese. Il 6 luglio 1989 due terzi del ghiacciaio Superiore di Coolidge (parete Nord del Monviso), circa 250.000 m³ di ghiaccio, sono collassati fino al sottostante Lago Chiaretto spazzando il sentiero per il Rifugio Quintino Sella (Mortara e Palomba, 2009). È solo il primo di una lunga serie di recenti episodi di instabilità dei territori d'alta quota, tra cui la valanga di roccia e ghiaccio del 18 settembre 2004 alla Punta Thurwieser nell'Ortles-Cevedale (circa 2,7 milioni di m³, Godone et al., 2007). Quanto all'evoluzione glaciale futura, secondo le simulazioni di Zemp et al. (2006) per la Svizzera, sono verosimili perdite areali del 70% rispetto alle condizioni attuali, nell'ipotesi di un ulteriore riscaldamento di 2 °C entro il 2060. Date le limitate dimensioni dei ghiacciai italiani – in gran parte con superficie inferiore a 1 km², spessore medio di 20-30 m e localizzazione maggiormente esposta a un elevato soleggiamento e all'influenza delle ondate di caldo di matrice africana – si può ritenere che questi siano ancora più soggetti a una drastica riduzione, specialmente sotto i 3.500 m, e forse non passerà più di un decennio prima della scomparsa di modesti ghiacciai marginali come quelli delle Alpi Marittime, Cozie, Orobic o delle Dolomiti.

Luca Mercalli, Daniele Cat Berro

Società meteorologica italiana
Comitato glaciologico italiano
info@nimbus.it

BIBLIOGRAFIA

- Auer I., Böhm R., Jurkovic A., Lipa W., Orlik A., Potzmann R., Schöner W., Ungersböck M., Matulla C., Briffa K., Jones P.D., Efthymiadis D., Brunetti M., Nanni T., Maugeri M., Mercalli L., Mestre O., Moisselin J.M., Begert M., Müller-Westermeier G., Kveton V., Bochnicek O., Stastny P., Lapin M., Szalai S., Szentimrey T., Cegnar T., Dolinar M., Gajic-Capka M., Zaninovic K., Majstorovic Z., Nieplova E., 2007, "Histalp - Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region", *Int. J. Climatol.*, 27:17-46.
- Baroni C., Meneghel M., Mortara G. (a cura di), 2008, "Relazioni della Campagna Glaciologica 2007", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 31(2): 259-322.
- Baroni C., Meneghel M., Mortara G. (a cura di), 2010, "Relazioni della Campagna Glaciologica 2009", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 33(2): 245-311.
- Böhm R., Auer I., Brunetti M., Maugeri M., Nanni T., Schöner W., 2001, "Regional temperature variability in the European Alps: 1760-1998 from homogenized instrumental time series", *Int. J. of Climatology*, 21:1779-1901.
- Brunetti M., Maugeri M., Monti F., Nanni T., 2006, "Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series", *Int. J. Climatol.*, 26:345-381.
- Carturan L., Seppi R., 2007, "Recent mass balance results and morphological evolution of Careser Glacier (Central Alps)", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 30: 33-42.
- Citterio M., Diolaiuti G., Smiraglia C., D'Agata C., Carnielli T., Stella G., Siletto G.B., 2007, "The recent fluctuations of Italian glaciers", *Geografiska Annaler*, 89, A3:164-182.
- Gagliardini O., Gillet-Chaulet F., Durand G., Vincent C., Duval P., 2011, "Estimating the risk of glacier cavity collapse during artificial drainage: The case of Tête Rousse Glacier", *Geophysical Research Letters*, 38. doi:10.1029/2011GL047536.
- Godone F., Godone D., Tamburini A., Mortara G., 2007, "La valanga di roccia della Cima Thurwieser (SO): determinazione del volume con tecniche di fotogrammetria digitale", Atti 11a Conferenza Nazionale ASITA, Torino 6-9 novembre 2007.
- Hubbard B., Glasser N., 2005, *Field Techniques in Glaciology and Glacial Geomorphology*, Wiley, Chichester, West Sussex. 400 pp.
- Ipcc, 2007, *Climate change 2007. 4th Assessment Report. Working Group I - Report «The Physical Science Basis»*. 987 pp.
- Mercalli L., Mortara G., Cat Berro D., Tamburini A., 2002, "Un lago sul ghiacciaio del Rocciamegone, Alpi occidentali: caratteristiche e rischio potenziale", *Nimbus*, 23-24: (3-9).
- Mercalli L., Cat Berro D., 2005, *Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese*, SMS, Bussoleno, XII + 756 pp.
- Mercalli L., Acondon V., Cat Berro D., Di Napoli G., 2006, *Cambiamenti climatici in Valle d'Aosta. Opportunità e strategie di risposta*, SMS, Bussoleno, X+159 pp.
- Mercalli L., Acondon V., Cat Berro D., Di Napoli G., 2008, *Cambiamenti climatici sulla montagna piemontese*, SMS, Bussoleno, 143 pp.
- Mortara G., Palomba M., 2009, "Il Ghiacciaio Superiore di Coolidge (Monviso) a venti anni dal crollo del 6 luglio 1989", *Nimbus* 53-54:30-31.
- Mortara G., Tamburini A. (a cura di), 2009, *Il Ghiacciaio del Belvedere e l'emergenza del Lago Effimero*, SMS - Regione Piemonte, 192 pp.
- Paul F., Frey H., Le Bris R., 2011, "A new glacier inventory for the European Alps from Landsat TM scenes of 2003: Challenges and results", *Annals of Glaciology*, 52 (59), 144-152.
- Smiraglia C., 2008, "I ghiacciai", in *Atlante Tematico delle Acque d'Italia*, a cura di M.G. Grillotti Di Giacomo, FEDERBIM, Brigati, Genova, 35-42.
- Smiraglia C., D'Agata C., Diolaiuti G., 2003, "I ghiacciai del bacino del Po e la loro risorsa idrica", in *Un Po di acque. Insediamenti umani e sistemi acquatici del Bacino Padano*, a cura di I. Ferrari e G. Vianello, Diabasis, Reggio Emilia, 53-68.
- Unep-Wgms, 2009, *Global Glacier Changes: facts and figures*, 88 pp.
- Vincent C., Le Meur E., Six D., Funk M., Hoelzle M., Preunkert S., 2007, "Very high-elevation Mont Blanc glaciated areas not affected by the 20th century climate change", *J. of Geophysical Research*, 112 D09120, doi:10.1029/2006JD007407.
- Vincent C., Auclair S., Le Meur E., 2010, "Outburst flood hazard for glacier-dammed Lac de Rochemelon, France", *J. of Glaciology*, 56 (195):91-100.
- Zanon G., 1992, "Venticinque anni di bilancio di massa del ghiacciaio del Careser, 1966-67/1990-91", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 15: 215-220.
- Zemp M., Haeberli W., Hoelzle M., Paul F., 2006, "Alpine glaciers to disappear within decades?", *Geophys. Res. Lett.*, 33, L13504, doi:10.1029/2006GL026319.
- Zemp M., Paul F., Hoelzle M., Haeberli W., 2008, "Alpine glacier fluctuations 1850-2000: An overview and spatio-temporal analysis of available data and its representativity", in *The Darkening Peaks: Glacial Retreat in Scientific and Social Context*, a cura di B. Orlove, E. Wiegandt e B. Luckman, University of California Press, 152-167.