



- Fra '500 e '800 raggiunsero la superficie di oltre 112 km quadrati
- Le mappature per il nuovo catasto e la carta delle pericolosità

GHIACCIAI

Nel 1800 erano 153

Due studi sul massimo dell'estensione nei tre secoli della «Piccola età glaciale»

FABRIZIO TORCHIO

Nei circa trecento anni della «Piccola età glaciale», fra metà Cinquecento e metà Ottocento, i ghiacciai trentini avanzarono come nel resto delle Alpi. Se non giunsero a minacciare gli abitati, come accadde ai piedi del Monte Bianco, scesero anche a quote relativamente basse come quelle dei pascoli, come mostra la *Originalkarte* di Julius Payer (1868), dove la lingua del Mandrone, in Val Genova era scesa sotto ai 1700 metri.

Ma in quei secoli di peggioramento climatico seguiti al «piccolo optimum» medievale, quanti ghiacciai si contavano? Che limiti ebbero nella loro massima espansione? E quali di essi si sono estinti? A rispondere a queste domande, ricostruendo l'estensione e i depositi della Piccola età glaciale nel Trentino sono - con obiettivi diversi da una parte il Muse e «Meteotrentino» della Provincia (ne parliamo in questa pagina), dall'altra il Servizio geologico della Provincia in collaborazione con le Università di Padova, Pavia e Pisa (pagina a fianco).

Il Nuovo catasto dei ghiacciai

Per realizzare il Nuovo catasto dei ghiacciai trentini, l'evoluzione di tutti gli apparati glaciali dalla massima espansione ottocentesca ad oggi è stata «fotografata» da Christian Casarotto (glaciologo e mediatore culturale) ed Elena Bertoni (geologa), entrambi del Muse. Un progetto finanziato dal Museo delle scienze e dall'Osservatorio trentino sul clima della Provincia. Ne è risultata una cartografia, in scala 1:2000, che mostra nel dettaglio le variazioni della loro estensione e indica come, nell'arco di quei secoli, i ghiacciai trentini giunsero a ricoprire oltre 112 chilometri quadrati di superficie rispetto agli attuali 32,2 (dato 2013). Un'estensione che già negli anni Cinquanta del '900 si era dimezzata e che si considera oggi persa al 70%. «Fra il 1850 e il 1958 - spiega Casarotto - il ritiro è stato più elevato rispetto al trentennio successivo: dal 1970 al 1986 c'è stata un'avanzata e dal 1986 il ritiro è costante. La perdita media annua è dell'1,8% della superficie, all'incirca come l'estensione del lago di Toblino. Alla fronte del ghiacciaio del Mandrone, nel gruppo dell'Adamello, la perdita è di circa 4 metri di spessore, quest'anno l'arretramento è stato di 39 metri».

L'Adamello ha «sofferto» meno

«Il lavoro - spiegano Casarotto e Bertoni - è frutto di un grosso rievamento sul terreno, alla ricerca delle tracce di morene, depositi glaciali, rock glacier, e della consultazione dei catasti dei ghiacciai italiani, catasti digitali di Provincia (2003) e Sat (1987), cartografie del passato e immagini storiche, foto aeree, ortofoto, ecc. Abbiamo così costruito in un «albero» l'evoluzione di tutti gli apparati glaciali, estinti e presenti, evoluti e frammentati, dal massimo della Peg) ad oggi.

Depositi della Peg, ad esempio, si trovano anche in Cima d'Asta, sul versante nord, o sul Catinaccio». Il gruppo montuoso che ha fatto registrare la maggiore contrazione è il Brenta (87%), e in generale il ritiro è superiore nei gruppi dolomitici per motivi morfologici e fisici. «Quello che ha "sofferto" meno è il gruppo dell'Adamello - continua Christian Casarotto - dove la perdita è stata "solo" del 64%. L'andamento peraltro non è uniforme, dipendendo da vari fattori: «Nel Cevedale e sulle Pale di San Martino, a seguito dell'avanzata fino agli anni Settanta Ottanta è stata superata la posizione degli anni '50, probabilmente per le ingenti precipitazioni nevose».

Centosessanta anni fa esistevano ghiacciai a nord di Cima d'Asta e nella conca sommitale del Catinaccio: ipotizzato un ghiacciaio sul Carega

Ghiacciai scomparsi

«Nella Piccola età glaciale - spiegano Casarotto e Bertoni - la quota media minima era di 2540 metri, attualmente è di 2775». La quota più bassa, al Mandrone, è di 1686 metri, contro i 2600 del 2003, con un'estensione di 340 ettari contro i 78 attuali. In Marmolada, la quota più bassa nella Peg è 2265 metri, contro i 2584 del 2003. L'estensione è passata da 558 a 136 ettari. Il ghiacciaio del Travignolo (Pale di San Martino) scendeva fino a 2.106 metri, esteso su 62 ettari contro i 20 attuali. Il Careser (Cevedale) arrivava a 2599 metri, estendendosi su 656 ettari contro i 158 odierni.

I ghiacciai più «bassi» erano quelli delle Pale di San Martino, e lo sono tuttora: Fradusta, ghiacciaio della Pala, Busa dei Camosci. Erano a 2340 metri 160 anni fa. Le motivazioni? Si assiste ad una trasformazione da ghiacciai «bianchi» a ghiacciai coperti di detrito. Vi è abbondante materiale detritico che crolla e protegge dalla fusione». Fra i ghiacciai scomparsi, tuttavia solo ipotizzato e catalogato quindi come incerto, quello più meridionale è sul Carega. L'ipotesi, suggerita anche da toponimi locali, è che fosse esteso su 4,5 ettari e raggiungesse la quota minima di 1850 metri. Un ghiacciaio dolomitico scomparso è localizzato nella conca della cima Catinaccio (3 ettari), non lontano quello di Cima Uomo (Monzoni) dalla superficie stimata di 18 ettari. **Gli effetti sull'uomo**
Concluso questo lavoro di ricostruzione dei limiti e delle superficie glaciali dalla Peg ad oggi, Casarotto e Bertoni intendono studiare gli effetti. «Vorremo capire - spiegano - come l'uomo che frequenta la montagna si compor-

ta per effetto del ritiro glaciale, studiando inoltre le conseguenze in termini di acqua e suoi utilizzi, come ad esempio la produzione idroelettrica, per arrivare a delle considerazioni economiche e sociali e capire in quale direzione si stia andando».

Prima della Piccola età glaciale

Dal punto di vista della loro estensione, i ghiacciai trentini di oggi possono essere paragonati a quelli di un migliaio di anni fa. Al cosiddetto optimum climatico romano seguirono alternanze di periodi più o meno freddi ed una ricerca del 2011 dell'Istituto federale svizzero di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio, ricostruendo i cambiamenti climatici negli ultimi 2500 anni, ha messo in luce i possibili collegamenti con i grandi mutamenti economici e sociali della storia. Secondo lo studio effettuato sulle precipitazioni e le temperature estive nell'Europa centrale, in età romana il clima era relativamente caldo e umido, e meno variabile. I mutamenti climatici fra il 250 e il 600 coinciderebbero con le migrazioni e la caduta dell'Impero romano d'occidente, così come il peggioramento climatico medievale potrebbe essere collegato con le carestie, le epidemie e la crisi del XIV secolo.



LARES: 1959

L'arretramento del ghiacciaio del Lares, nel gruppo dell'Adamello (nella foto di Vigilio Marchetti si vede com'era nel 1959) ha subito un netto appiattimento della fronte, ben visibile al confronto con la foto a fianco.



LARES: 2013

Il ghiacciaio del Lares, come si nota nella foto scattata da Adriano Dorna nel 2013, ha perso spessore e la lingua che mezzo secolo prima lo caratterizzava, abbandonando la conca dove si trova il lago.



LA MARE: 1985

Dal 1985, data della foto di Secchieri, il Ghiacciaio di La mare (Cevedale) è arretrato di 770 metri e la sua fronte è «risalita» di circa 270 metri: a destra di questa non vi è più la massa glaciale fotografata.

IL CASO

L'aumento della temperatura legato alla crescita di strutture in quota

Gli effetti sui pascoli e sull'agricoltura

«**V**ari ricercatori - spiega il professor **Alberto Carton** - stimano che tra il 1850 e gli anni Settanta del '900 i ghiacciai delle Alpi abbiano perso il 35% della loro superficie e un altro 22% è stato perso entro la fine degli anni '90. Successive stime quantificano la perdita dal 1999 al 2010 in un ulteriore 9%. Un'accelerazione si è avuta a partire dal 1980, un'ulteriore intensificazione dal 2003. Il processo di

deglacializzazione non è omogeneo e si possono osservare evidenti differenze anche su ghiacciai posti a breve distanza, nello stesso gruppo. Dalla metà del XVI alla metà del XIX secolo, anche l'uso dei pascoli in quota (nel disegno di **David Herribberger** di metà 1700 circa, si nota un ghiacciaio) ha subito le conseguenze dell'avanzata glaciale: «Fra il 1650 e il 1700 diminuirono le strutture, mentre nel corso del XVIII secolo gli

edifici tornano sensibilmente ad aumentare» hanno scritto **Marco Avanzini** e **Isabella Salvador** nello studio su «Variazioni climatiche e antropizzazione delle terre alte tra XVII e XIX secolo nelle Prealpi trentine (Pasubio, Trento). La crescita di strutture in quota si accompagna alla netta risalita delle temperature dalla seconda metà del XIX secolo, in connessione con la rivoluzione dei sistemi economici agrari.





Carton: «Liberate ampie superfici antistanti le fronti e il fianco interno degli argini morenici»

A destra le morene del ghiacciaio La Mare (foto Muse), sotto la Presanella nella carta del DuOAV del 1903



Perso il 70% in 160 anni

La mappatura dei ghiacciai effettuata per il Servizio geologico dalle Università di Padova, Pavia e Pisa indica un'estensione glaciale, nella Peg, di circa 123 chilometri quadrati per un totale di 153 ghiacciai. Un dato vicino a quello della ricerca Muse-Provincia, spiegabile con alcune differenze come le «zone grigie» considerate, quelle dei rock glacier o le linee di limite a monte. «L'Adamello-Presanella - spiega Carton - era il gruppo con maggior area glacializzata (71.1 km²) e con il maggior numero di corpi glaciali (67), mentre l'area minore coperta da ghiacci (due ghiacciai) si trovava nel gruppo del Sella-Pordoi (0.28 km²). Dalla Peg agli anni '50 si è passati dai 123 km² a 63 km² di area glacializzata e successivamente a 43 km² nel 2006. «L'obiettivo di questa ricerca - spiega Carton - è quello di ottenere una consolidata conoscenza della Peg del territorio trentino, considerando che può essere considerato come un "fossile guida" negli studi glaciologici e utilizzato anche come riferimento per indagini sulle vicende glaciali più antiche. Una corretta e dettagliata mappatura dei depositi glaciali riferibili alla Peg ed alle successive fasi di ritiro assume importanza anche dal punto di vista applicativo. La fortissima riduzione areale e volumetrica dei ghiacciai in atto dalla fine della Peg continua - ha liberato ampie superfici antistanti le fronti e messo progressivamente a giorno il fianco interno degli



IL DOCENTE
Piccola età glaciale come un "fossile guida" negli studi glaciologici e le vicende più antiche

Alberto Carton

incisione, con l'innescio di colate detritiche) e alla gravità che possono agire direttamente sul corpo della morena. In altri casi, il deterioramento dell'argine morenico con conseguente rilascio di detriti sciolti può avvenire per la fusione di nuclei di ghiaccio. Tale situazione attualmente si può verificare solo in corrispondenza di morene Peg». Lo studio potrebbe essere utile anche a fronte di una recrudescenza climatica - oggi difficilmente ipotizzabile - perché il ghiacciaio potrebbe riprendere la posizione che aveva prima. Perché avvenga, spiega Carton, non sono necessari grandissimi sconvolgimenti climatici. «Il limite delle nevi è grosso modo più alto di 180, 130 metri della Peg, a seconda delle situazioni: con meno di un grado di variazione temperatura in negativo potremmo più o meno tornare alle posizioni della Peg».

F. T.

✓ LA SCHEDA

● La ricerca
A delineare i limiti raggiunti dai ghiacciai durante la Piccola età glaciale, ed i rispettivi depositi, ai fini dell'inserimento dei dati nelle Carte della pericolosità realizzate dalla Provincia di Trento hanno lavorato Alberto Carton e Thomas Zanoner (Università di Padova), Luca Carturan (Dipartimento Tesaf della stessa Università), Roberto Seppi (Università di Pavia), Carlo Baroni e Maria Cristina Salvatore (Università di Pisa) e Matteo Zumiani (Servizio geologico della Provincia di Trento).

● L'arco temporale
«Durante l'ultimo millennio un importante peggioramento climatico globale, durato alcune centinaia di anni, che ha lasciato profonde tracce nel paesaggio e senza dubbio rappresentato dalla Piccola Età Glaciale (Peg, «Little Ice Age», dalla metà del XVI alla metà del XIX secolo)», osserva il professor Alberto Carton. «Tale episodio ha fortemente influenzato l'ambiente naturale; in questo intervallo di tempo, nelle zone di montagna i ghiacciai hanno raggiunto le loro dimensioni massime».



Un ritiro documentato

Sopra, la «risalita» del ghiacciaio della Marmolada dalla Piccola età glaciale (Peg) al 2003 (linea gialla) e al 2013 (foto Muse). A fianco il ghiacciaio della Fradusta nel 1996 (foto Cancian del 1996) e sopra nel 2013 (foto Federico Croci). A sinistra la fronte del Mandron nel 1865 (Payer).



RITROVAMENTI

Ghette e calzature sulle Vedrette di Ries, una donna dal ghiacciaio Porchabella nell'Engadina svizzera

Sotto il ghiaccio, le scandole

In alta Venosta un manufatto del XIII secolo a. C.

Con il loro progressivo arretramento, come prova il ritrovamento di Ötzi nel 1991, i ghiacciai stanno mettendo in luce testimonianze della storia dell'uomo di epoche passate. Con «Frozen Stoles», il Museo archeologico dell'Alto Adige di Bolzano ha messo in mostra reperti dei ritrovamenti archeologici di alta quota dal 5000 a.C. fino alla «Grande guerra» ed oltre. **Dai ghiacciai emerge la storia**
Fra questi vi sono reperti ritrovati recentemente in una zona un tempo gelata nel comune di Malles Venosta: al Langgrubenloch, alla quota di 3.017 metri, l'archeologo della Soprintendenza sudtirolese Hubert Steiner ha studiato alcuni di questi reperti, come una scandola in larice datata al XIII secolo a.C., a suggerire l'esistenza di costruzioni, e un gancio da cintura in legno datato al 1800 a.C. circa. Dal ghiacciaio Porchabella, in Engadina (Svizzera) sono stati restituiti i resti di una giovane donna del XVII secolo - forse vittima della ca-

data in un crepaccio - rinvenuti nel 1990, ai quali ha fatto seguito il recupero dei vestiti, del copricapo, di un rosario e un pettine, di scarpe isolate con la pece e una gavetta. Ancora, quattro ghette, calzatura e calzini datati all'800-500 a.C. sono state rinvenute sulle Vedrette di Ries, e un manico d'ascia in legno di quercia (2700-2500 a.C.) è emerso al Gioigo di Tisa, a una cinquantina di metri dal luogo di ritrovamento di Ötzi. **Peg: i metodi utilizzati**
«Per ricostruire i limiti massimi raggiunti dai ghiacciai durante la Piccola età glaciale, sono state utilizzate metodologie tradizionali e nuove soprattutto per quanto riguarda l'individuazione delle evidenze di margine glaciale», spiega il professor Alberto Carton che, con altri colleghi (colonna a fianco) ha realizzato la mappatura sulla base di dati di archivio, inventari, carte topografiche, foto storiche e immagini da pubblicazioni e archivi, cartografia antica. Sulla base delle evidenze di margine glaciale

generate durante la Piccola età glaciale - osserva Carton - è possibile ricostruire con un buon grado di precisione la posizione ed estensione dei ghiacciai, utile per un confronto con la situazione attuale, ma anche per la conoscenza delle aree recentemente deglacciate. Queste ultime hanno anche un ruolo importante sulla fornitura di sedimenti e sull'innescio di una serie di processi di instabilità come *debris* e *mud flows* (colate detritiche o di fango) che possono generare della pericolosità anche in aree situate molto più a valle. Dati quantitativi significativi sono stati ricavati dall'interpretazione di foto aeree tradizionali, ortofoto digitali e soprattutto da immagini Lidar. Le indagini sul terreno sono state condotte seguendo i tradizionali metodi di rilevamento geomorfologico e di geologia glaciale, accompagnate da osservazioni e analisi. Con questi strumenti - spiega Carton - è stata realizzata la mappatura delle morfologie glaciali attuali (confini glaciali,



li, argini morenici, laghi sopra-glaciali e proglaciali, ecc.) e di quelle antiche, riconducibili alla Piccola età glaciale: creste di morene latero frontali, trim line (linee sul fianco di una valle di origine glaciale). Queste ultime hanno permesso di ricostruire esattamente in gran parte l'effettiva dimensione dei ghiacciai durante la loro massima espansione del XIX secolo.

Grossglockner (Austria): sul ghiacciaio Pasterze i cartelli mostrano il progressivo ritiro. Nella foto il limite del ghiacciaio nel 2005, l'immagine è stata ripresa quattro anni dopo, nel 2009 (foto F. Torchio)



LA MARE: 2013
Nella foto scattata nel 2013 da Claudio Delperio, il ghiacciaio di La Mare è vistosamente arretrato. È stato calcolato che l'innalzamento medio della quota della fronte del ghiacciaio sia di circa 13 metri ogni anno.

