



# *Terra glacialis*

*annali di cultura glaciologica*

annals of glacial culture - annales de culture glaciologique - Annalen der Gletscherkultur

Anno III - 2000





*“Era nostra intenzione di spingerci  
sino alle origini del ghiacciajo,  
cioè fin là ove il ghiaccio  
dà luogo alla gramolata[.],  
ossia alla neve ghiacciata,  
la quale poi, sempre accrescendo,  
lascia il campo alla neve farinosa  
costituente le vere nevi perpetue...”*  
(Antonio Stoppani, “Il Bel Paese”, Milano, 1873)

## TERRA GLACIÁLIS

Periodico scientifico annuale

Autorizzazione del Tribunale di Milano

N° 546 del 28 luglio 1998

Direttore responsabile: Luca Arzuffi

### *Comitato scientifico:*

Antonio Galluccio, Luca Bonardi, Andrea Almasio,  
Guido Catasta, Giordano Elli, Angelo Meani,  
Valerio Paneri, Massimo Merati, Alessandro Galluccio

### *Segreteria:*

Paola Maria Gorni, Stefania Zocchetti

### *Impaginazione e grafica:*

Antonio Galluccio, Alberto Grossi, Barbara Bonantoni

### *Amministrazione:*

Alessandro Galluccio

### *Organizzazione:*

Giovanna Mainardi, Francesco Galluccio

### *Traduzioni (abstract)*

Francesca Ferroni (inglese e tedesco)

Sandra Mauri (francese)

### *Cartografia:*

Antonio Galluccio, Silvia Zocchetti

### *Collaborazioni:*

Gli operatori glaciologici del Servizio Glaciologico Lombardo e  
del Servizio Glaciologico Alto Adige (Club Alpino Italiano).

Copyright © 2000 Associazione S.G.L. – Servizio Glaciologico Lombardo

I diritti di traduzione, di riproduzione  
e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo  
(compresi i microfilm e le copie fotostatiche)  
sono riservati per tutti i paesi.

Milano, giugno 2000

*In copertina: un'onda di piena (al centro, in secondo piano) percorre il ramo orientale del Ghiacciaio dei Forni (Ortles-Cevedale, Italia) generando seracchi e crepacci radiali. Si tratta di una delle rarissime evidenze di quella fase di ripresa degli accumuli nevosi che ha interessato il versante sud-alpino nel periodo 1992-1997, limitandosi però alle alte quote. A causa delle attuali condizioni climatiche, tra le più sfavorevoli che si ricordino allo sviluppo glaciale, è molto probabile che questo impulso di crescita si dissolva prima di riuscire a raggiungere la fronte del ghiacciaio. (11 settembre 1999, A.C. Galluccio).*

# TERRA GLACIĀLIS

*annali di cultura glaciologica*

annals of glaciological culture – annales de culture glaciologique – Annalen der Gletscherkultur

Anno III

**2000**

Servizio Glaciologico Lombardo  
Milano - Italia

Sede legale: via Piave 6, Oreno di Vimercate, 20059 (MI), ++39 039 6851766  
Sede organizzativa e coordinamento scientifico: via Giambellino 102, 20147 Milano, ++39 02 4236691  
<http://sgl.cluster.it>

opera realizzata con il patrocinio del

*Club Alpino Italiano*



opera realizzata con il contributo di:

*CLUSTER s.r.l.*

*FASA s.r.l., vicolo Rossetti, 3 – 20021 Bollate (Mi)*

*SAMP s.r.l., via Boccioni, 9-11 – 20052 Monza (Mi)*

*BANCO di DESIO e della BRIANZA, Filiale di Palazzolo Milanese*

*Iris Garberi*

*Ennio Fossati*

### ***Avvertenze per gli autori***

-La collaborazione a *Terra glacialis* è gratuita. L'opera redazionale si svolge in regime di volontariato. I proventi editoriali della pubblicazione vengono interamente utilizzati per il finanziamento dei numeri successivi.

- Fornitura del materiale:
  - dimensioni del testo: libere
  - presentazione del testo: su supporto magnetico
  - fotografie: diapositive
  - grafici e figure: su supporto magnetico
  - abstract: in lingua madre e in inglese
- Contatto preliminare:
  - posta elettronica al seguente indirizzo: [sgl.terraglacialis@cluster.it](mailto:sgl.terraglacialis@cluster.it)
  - via telefono: ++39 02 4236691

### ***Note to the authors***

The contribution to *Terra glacialis* is free of charge. The editorial work is based on free collaboration. All profits will be entirely used to finance the next issues.

- Supply of material:
  - text dimension: free
  - text format: floppy disk
  - pictures: slides
  - graphs and drawings: floppy disk
  - abstract: mother tongue and english
- Preliminary contact:
  - e-mail: [sgl.terraglacialis@cluster.it](mailto:sgl.terraglacialis@cluster.it)
  - phone number: ++39 02 4236691

Lo studioso e il semplice appassionato osservatore dei fenomeni climatici, così come sempre più ampie schiere di cittadini “non addetti”, vivono oggi la precisa sensazione di essere spettatori di una svolta epocale. La comunicazione globale, benedetta e maledetta, per altri versi nutrita dai fatti dell’uomo, “belva sublime”, porta nelle case una visione del pianeta dura, ricca di immagini tempestose e aride, di uragani e di terre crepate. I “record” si sprecano: tutti si sono convinti, anche chi scrive, che il clima è cambiato o sta cambiando con ritmi di cui non si ha memoria recente (gli Anni Novanta sono stati, probabilmente, il decennio più caldo degli ultimi mille anni), che le attività antropiche hanno fatto, e non certo bene, la loro parte nel modificare le cose, che non si può non considerare gli eventi atmosferici come un elemento centrale nella vita di ognuno.

Al di là di sconcerto e incertezze, a furia di allarmi, di proclami, di scoop, non sempre equilibrati ma certo incisivi, si è raggiunto un risultato molto positivo, e indispensabile: la nascita e il consolidamento di nuove coscienze, di più consapevoli filoni di pensiero, largamente condivisi anche dalla popolazione, che sottolineino con forza come l’incerto futuro ambientale del pianeta debba divenire, da subito, priorità assoluta cui sottendere tutto il resto. Si è infatti alle soglie del “punto di non ritorno”: la sfera fumosa chiamata Terra è stata sfruttata oltre ogni limite e fatica a ospitare gli attuali 6 miliardi di bipedi produttori di immondizia.

La cultura ambientalista, che questi concetti perora, nelle loro mille sfaccettature, pare oggi più lucida e determinata, dopo una lunga fase di errori e ingenuità. E’ nei voti di tutti gli uomini di buona volontà che essa riesca presto, con il contributo essenziale del consenso scientifico, quello non asservito agli interessi finanziari (soprattutto nel settore energetico), a condizionare favorevolmente i governi e i grandi poteri trasversali (vedi l’episodio di Seattle 1999), le entità che, ci piaccia o no, decidono di buona parte dei nostri destini.

Nel frattempo, e non potrebbe essere altrimenti, l’evoluzione dell’Universo procede incessante, portandosi dietro la miriade di suoi misteri irrisolti.

Con una zoomata profonda, la lettura del n. 3 di Terra Glaciālis ci riporta alla vecchia Europa e allo stato dei suoi ghiacciai, puntuali “avvisatori” climatici. Questi, giova ricordarlo, ancora oggi costituiscono una parte importante del paesaggio continentale, dopo esserne stati, nei millenni precedenti, il principale elemento modellatore. Dai Pirenei agli Urali, dall’Appennino Centrale ai Monti Tatra, dall’Albania (famosa per tristi motivi assai più che per le sue vestigia moreniche oloceniche) alla Scozia e alla Scandinavia è un susseguirsi di forme glaciali attuali o pregresse, a volte spettacolari, che si alternano a segni più discreti, leggibili nel territorio solo dall’occhio esperto.

Nell’ambito di un trend di bilancio che non ha eguali, nell’Età Moderna, quanto a eventi disgregativi, siamo andati a cercare, e abbiamo trovato, il caso in controtendenza: quello dei ghiacciai norvegesi e svedesi che, in barba all’effetto serra antropogenico, si conservano assai bene e addirittura, in qualche caso, avanzano gloriosamente. Operazione consolatoria, soprattutto per noi italiani che stiamo assistendo alla rapida agonia delle belle colate del versante sud-alpino.

Eppure, anche sulle nostre montagne, non tutto procede sulla strada univoca della dissoluzione: nell’estate del 1999 alcuni itinerari di alta quota (quelli che percorrono i “Quattromila”) hanno dovuto essere modificati per il repentino rigonfiarsi delle seraccate, in risposta a non certo costanti, ma comunque significativi, incrementi locali delle precipitazioni nevose. Anche il contributo relativo alle cause climatiche della grande avanzata glaciale verificatasi nei primi decenni del XIX secolo, che pubblichiamo in queste pagine, induce a riflessioni circa gli elementi di incertezza che ancora oggi permeano la ricostruzione degli eventi atmosferici passati e la valutazione di quelli odierni.

I monitoraggi lombardi e atesini ci consegnano comunque lo stato miserrimo dei ghiacciai delle Alpi Centro Orientali italiane e ne indagano a fondo le cause meteo-nivologiche. Il grande ritiro genera nuove forme, a volte di interesse quasi turistico, quali lo spettacolare

“calderone del ghiacciaio”; sono altresì osservabili fenomeni parossistici, non scevri da rischi per le attività antropiche, come i crolli delle fronti di alta quota, possibili segni di una modesta crescita glaciale nei settori alpini sommitali. Eventi accomunati da tempi evolutivi estremamente rapidi.

L'ormai tradizionale compendio bibliografico internazionale, contributo didascalico alle indagini di studiosi e appassionati, completa questa nostra terza fatica.

Il lettore avrà capito che gli scriventi fanno “il tifo” per i ghiacciai: non solo perché essi sono un elemento vivo e potente del pianeta selvaggio, ma soprattutto per il ruolo di indicatori attenti e inesorabili dell'equilibrio naturale, del quale ognuno, a suo modo, ha bisogno.

Antonio Galluccio, 18 maggio 2000



*Il Ghiacciaio dei Forni sul finire del XIX secolo (da “Il Bel Paese”, di Antonio Stoppani, ed. 1908, estratto pubblicato da Nordpress Edizioni, Cbiari, 1994). Negli ultimi 200 anni i ghiacciai alpini hanno assunto il ruolo di importante attrattiva turistica e quindi di sicura fonte economica per le popolazioni valligiane. L'attuale, grave depauperamento delle masse glaciali può essere visto anche come un ridimensionamento di tale risorsa.*



## LE CAUSE CLIMATICHE DEL *MAXIMUM* GLACIALE DEL PERIODO 1815-1820 NELLE ALPI LOMBARDE: UN'IPOTESI QUALITATIVA

### 1 - INTRODUZIONE

Tra le diverse fasi di importante espansione delle masse glaciali verificatesi all'acme della Piccola Età Glaciale (PEG, 1350-1890 ca. con acme, o seconda PEG, fra 1560 e 1850 ca.), una notevole rilevanza è assunta da quella intercorsa nel secondo decennio del XIX secolo. Il suo rilievo fu tale, soprattutto lungo l'arco alpino meridionale, da condurre le fronti su posizioni nella più parte dei casi mai raggiunte nell'ultimo millennio.

Gli aspetti morfologici generali assunti dalle grandiose lingue glaciali all'apice di questa fase di avanzata sono sufficientemente noti o intuibili, grazie alle descrizioni lasciateci dai contemporanei di tali eventi e all'iconografia pittorica, in verità più cospicua per ciò che riguarda i versanti occidentale e settentrionale dell'arco alpino, ma soprattutto alle evidenze costituite dalle spesso imponenti costruzioni moreniche. Assai poco tuttavia si conosce delle specificità climatiche alla base di tale evenienza e la medesima considerazione può, e a maggior ragione, considerarsi valida per l'intera PEG della quale resta per alcuni aspetti ignoto, ancora relativamente al versante sud-alpino, l'articolato sviluppo climatico. Questo fu in ogni caso composto anche da fasi di più o meno marcata controtendenza. Solo gli interessanti materiali raccolti da Marco Pellegrini sul finire degli anni Sessanta e alcune più recenti ricerche hanno parzialmente contribuito a svelare i contenuti di una fase climatica che anche nelle Alpi Centrali Italiane ha prodotto importanti risvolti sulle vicende umane delle popolazioni alpine<sup>1</sup>. Al di là di queste e poche altre eccezioni, costituite per lo più da studi di carattere locale, decisamente deficitari sono apparsi gli impegni finalizzati al conseguimento di informazioni da fonti archivistiche, le sole in grado di fornire notizia precisa delle variazioni interannuali, delle specificità delle singole stagioni e, sovente, di intervalli ancor più brevi. Parallelamente, se si eccettua il periodo finale della PEG, è andato pressoché esente da ogni sforzo conoscitivo il tentativo di correlazione tra le vicende climatiche e l'andamento storico del glacialismo. In effetti, tale complessa relazione, cui soggiacciono dinamiche ed elementi di diversa natura, meglio si presta ad analisi fondate su dati quantitativi (termometrici, pluvio- e nivometrici da una parte, variazioni frontali e bilanci di massa dall'altra), tuttavia scarsamente disponibili per ciò che concerne i secoli passati.

In questa circostanza intendo soffermarmi, sperimentalmente, su un'interpretazione in chiave glaciologica di alcuni materiali climatostorici di tipo qualitativo raccolti presso archivi privati, statali, comunali ed ecclesiastici dell'area alpina lombarda, nonché reperiti sulle molte cronache locali soprattutto redatte nella seconda metà dell'800 e nei primi decenni del XX secolo. La scelta di indagare il periodo a cavallo tra il XVIII e il XIX secolo deriva, oltreché dall'intensità del ciclo di avanzata glaciale, dalla cospicua disponibilità di tali materiali.

Nelle Alpi lombarde la PEG è stata probabilmente contrassegnata, per quanto riguarda gli eventi favorevoli al glacialismo, da un clima complessivamente più umido (evidentemente nelle stagioni di accumulo dei ghiacciai: autunno - inverno - primavera) e più freddo (nella stagione di ablazione) dell'attuale e dei secoli ad essa precedenti. Sotto il profilo cronologico, gli esiti delle indagini condotte sull'argomento sembrano avallare la tesi di un disordinato susseguirsi, a partire dalla metà circa del XVI secolo, dei due tipi climatici sopraddetti, non necessariamente in contemporanea successione, ma anzi intervallati da periodi, di mutevole durata, più secchi e/o caldi, a seguito dei quali i ghiacciai fecero registrare regressi anche significativi.

---

<sup>1</sup> relativamente all'arco alpino lombardo si vedano: M. PELLEGRINI, 1973; L. BONARDI, 1996; L. BONARDI, 1998

## 2 - 1770-1790: UNA FASE NEGATIVA PER IL GLACIALISMO ALPINO ?

La seconda metà del XVIII secolo costituisce forse una delle fasi più buie per ciò che concerne la conoscenza delle vicende climatiche dell'Età moderna. Secondo Emmanuel Le Roy Ladurie, padre della moderna Storia del clima, il decennio 1770-1780 dovette costituire un momento particolarmente favorevole al glacialismo alpino, registrandosi l'avanzata "indiziaria" di molte fronti, almeno lungo l'arco alpino settentrionale e occidentale<sup>2</sup>. Molti elementi di prova portati dal grande storico francese al riguardo, però, non appaiono del tutto convincenti o, almeno, se ne dovrebbe rivedere la portata temporale: accanto a indicazioni palesemente contraddittorie (ad es. quella relativa la presunta avanzata del Ghiacciaio del Rodano), altre notizie (crolli, svuotamenti di laghi di sbarramento glaciale, ecc.) potrebbero prestarsi a interpretazioni di tipo diverso. In questo senso ho potuto raccogliere una serie di notizie che sembrerebbe dar conto di uno stadio di pronunciato ritiro delle fronti in atto in questi anni, proprio lungo il versante nord delle Alpi.

Emmanuel Kant, ad esempio, nelle sue lezioni di Geografia fisica, riferiva di un regresso delle "ghiacciaie di Grindelwald" stimato da William Coxe in "400 passi" fra gli anni 1776-1785<sup>3</sup>.

Uno splendido acquerello del pittore inglese William Pars (fig. 4) mostra, nel 1770, l'imponente fronte del Ghiacciaio del Rodano in fase di probabile ritiro<sup>4</sup>. Nel 1777 il margine frontale dello stesso Ghiacciaio distava 585 metri dalla fonte termale di Gletsch, rispetto ai 500 del 1743 e ai 415 del 1720, anche se attorno alla metà del secolo si era forse registrata una breve avanzata<sup>5</sup>. Relativamente ai ghiacciai del Massiccio del Bianco, Augusta Vittoria Cerutti afferma che "le fronti glaciali nel corso del secolo XVIII si erano portate notevolmente a monte delle posizioni assunte nel 1643 e pertanto non minacciavano più i fondovalle abitati"<sup>6</sup>. Altre informazioni sembrano invece indicare dinamiche di segno opposto: Manuela Pelfini ha recentemente dimostrato come nella Valle del Madaccio (Alto-Adige) la vegetazione arborea abbia registrato una fase di importante "severità" tra la metà del '700 e il 1785, "particolarmente intensa tra il 1770 e il 1782"<sup>7</sup>. Pur tuttavia, sempre secondo lo stesso autore, il Ghiacciaio del Madaccio avrebbe abbandonato la morena frontale più esterna proprio intorno al 1770 per ripresentarsi sulle stesse posizioni di massima avanzata solo un cinquantennio dopo, verso il 1820-21. Queste informazioni dimostrano come raramente si possa parlare di andamento del glacialismo su settori estesi in forma di dinamiche univoche.

In ogni caso, è certo, quale che fosse in quel momento il dinamismo glaciale prevalente, che in quegli anni le fronti trovassero posto a non grande distanza - ma pur sempre a qualche centinaia di metri per alcuni grandi apparati - dalle posizioni conquistate durante l'avanzata dei secoli precedenti<sup>8</sup>. Ne è prova ancora, fra le altre, un'iconografia pittorica che proprio in quegli anni, in corrispondenza con l'entusiastica "scoperta delle Alpi", andava facendosi quantitativamente significativa.

Per quanto riguarda l'area montana lombarda, le notizie provenienti da cronache e da altre fonti scritte sembrerebbero dimostrare, per il ventennio 1770-90, una sequenza di circostanze meteorologiche per lo più poco vantaggiose alle masse glaciali<sup>9</sup>. Invero, anche l'ipotesi di un andamento climatico eventualmente "sfasato" rispetto a quello delle masse glaciali non rappresenterebbe certo un'anomalia, ad effetto di quella stessa forza d'inerzia che portava, ad esempio in tempi ben più recenti, alcuni ghiacciai alpini ad avanzare ancora nel 1990, durante una

<sup>2</sup> E. LE ROY LADURIE., 1982, pp. 217-225

<sup>3</sup> E. KANT, 1809, p. 51. Secondo lo stesso Le Roy Ladurie, i Ghiacciai di Grindelwald avanzarono sensibilmente fra il 1780 e il 1790.

<sup>4</sup> W. PARS, (1742-1782), *The Rhone Glacier and the Source of Rhone*, 1770, British Museum, London

<sup>5</sup> P.L. MERCANTON, *Annuaire du C.A.S.*, varie annate

<sup>6</sup> A.V. CERUTTI, in AA.VV., 1997, p. 13

<sup>7</sup> M. PELFINI, 1999, p. 536

<sup>8</sup> Invero in alcune aree, e soprattutto nelle Alpi orientali, alcuni ghiacciai fecero registrare le massime avanzate proprio nel corso del XVIII secolo.

<sup>9</sup> si intende, ovviamente, a un glacialismo di dimensioni ben più estese delle attuali.

delle peggiori crisi climatiche (per le masse glaciali si intende) del secolo.

Nella seconda parte del XVIII secolo, in particolar modo fra il 1765 e il 1800, gli inverni, pur talvolta oltremodo rigidi (1767, 1768, 1788), fecero solo raramente registrare un'ottima nevosità (il 1785 ad esempio lungo buona parte dell'Arco alpino), potendosi per contro osservare, in alcuni casi, precipitazioni assai scarse (1768, 1788, 1797) o addirittura assenti (1766 e 1779)<sup>10</sup>. Anche la piovosità/nevosità delle primavere appare moderata, almeno rispetto a quella che si osserverà con il nuovo secolo, registrandosi in taluni casi lunghi periodi siccitosi variamente accompagnati da un regime termico caldo o mite o all'inverso, ma più raramente, freddo. Anche di tale evenienza si perderà pressoché ogni traccia nel primo quindicennio dell'Ottocento, quando solo la stagione autunnale presenterà aspetti generali non dissimili da quelli dominanti il regime delle precipitazioni dei decenni precedenti: come vedremo, si tratterà però di caratteri, seppur non contrari, neppure inequivocabilmente propizi agli accumuli nevosi.

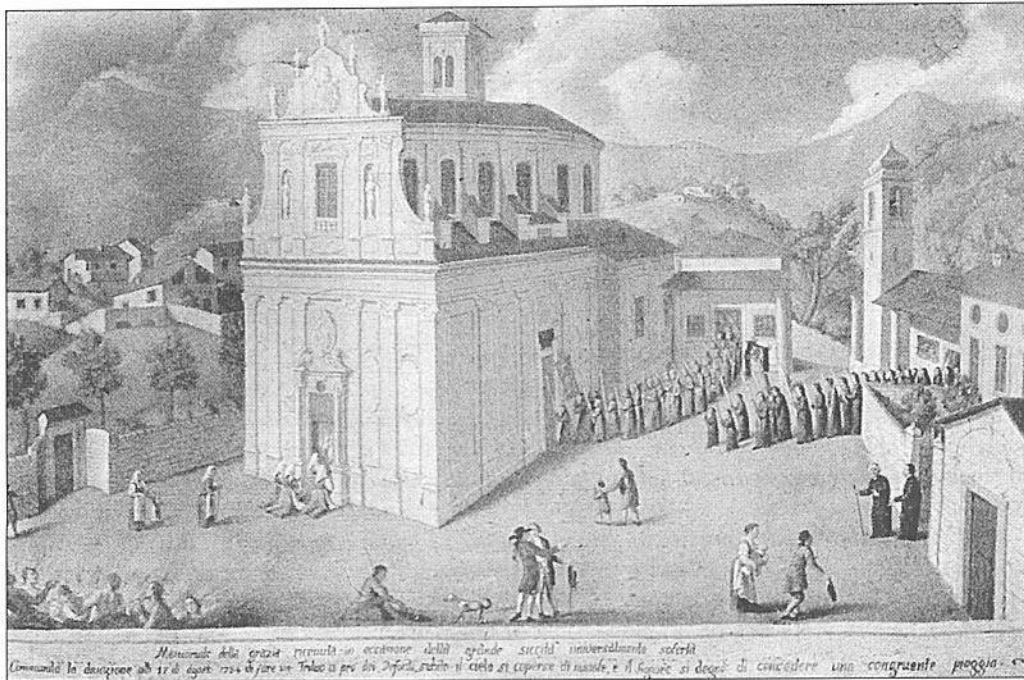


Fig. 1: le calde e secche estati della II metà del Settecento danno luogo, come anche in altri periodi, a voti collettivi testimoniati anche dai molti ex-voto oggi dimenticati in polverose sagrestie. Nella scritta si legge: "Memoriale della grazia ricevuta in occasione della grande siccità universalmente sofferta. Fatta dalla Comunità la divozione allo 17 di agosto 1784 di fare un Triduo a prò dei Defunti, subito il cielo si coperse di nuvole, e il Signore si degnò di concedere una congruente pioggia". (Anonimo, 1784, olio su tela, Sorisole, Parrocchiale, da "Pittura "popolare"", Ed. Capelli, Reg. Lombardia, 1983).

Importanti contenuti del mutamento intervenuto nella prima parte del XIX secolo vanno comunque a mio avviso ricercati anche nei caratteri che contraddistinse l'andamento delle stagioni estive. Già a partire dal decennio 1750-60 le estati avevano goduto di un aspetto termico

<sup>10</sup> se non fosse per le frequenti e ingiustificate affermazioni di senso opposto, apparirebbe inutile ricordare che l'andamento termico della stagione invernale risulta, nell'attuale fase climatica e alle nostre latitudini, scarsamente influente sul bilancio glaciale se si eccettua il ruolo svolto dalle variazioni di temperatura sui movimenti di massa delle coltri nivali, con diversa incidenza sugli accumuli valanghivi, e dal regime termico sui processi di trasformazione della neve.

decisamente sfavorevole al glacialismo, con la netta dominanza di prolungati periodi caldo-secchi (benché in termini di bilancio probabilmente compensati da positive stagioni di accumulo): un regime, quello estivo, che non sembra mutare nei decenni immediatamente successivi<sup>11</sup>. Le ricorrenti siccità, infatti, rappresentarono ancora la norma nelle estati fra il 1774 e il 1785 (fig. 1), quando in ben nove casi si ebbe a lamentare la scarsità, o l'assenza, di precipitazioni, accompagnata da temperature elevate: evenienze che assunsero caratteri addirittura parossistici nelle annate 1774 e 1782. Solo successivamente questa tendenza pare stemperarsi anche se, complessivamente, circa venti stagioni estive, in tutto il periodo 1760-1804, fanno registrare episodi caldi di varia entità e durata, configurando un ciclo probabilmente sfavorevole alla conservazione degli apporti nevosi. Accanto alle citate "memorabili" siccità del 1774 e del 1782, occupano un posto di rilievo, nella serie delle estati calde, anche quelle del 1769, del 1791 e del 1797<sup>12</sup>. Un tale andamento trova peraltro riscontro nella cronologia recentemente proposta da Christian Pfister che ha individuato, per quanto concerne la Svizzera, un lungo periodo di caldo estivo fra il 1766 e il 1795<sup>13</sup>.

Un primo significativo rarefarsi degli episodi estivi caldo-secchi si avverte a partire dall'ultimo decennio del secolo, anche se un loro riprodursi, benché in forma non intensa, avrà luogo ancora nel triennio 1802-1804 (App. I). La calda estate del 1807 chiuderà definitivamente tale epoca e nei successivi nove anni (1808-1816) qualche parvenza di caldo si registrerà solo nella piena estate del 1811, a cavallo fra i mesi di luglio e agosto. Inversamente, si osservi come le estati fredde e umide che contraddistinguono la prima parte del nuovo secolo trovino, nella seconda metà del '700, solo una scarsa e parziale rappresentanza negli anni 1765, 1783 e 1796 e, in forma limitata, nel 1766, 1777 e 1799.

### 3 - LA RIPRESA DEGLI ACCUMULI: 1800-1808

In effetti, un più deciso mutamento delle condizioni climatiche nelle Alpi Centrali sembra aver luogo solo a partire dal nuovo secolo. Dal 1800 e sino al 1808 almeno, la stagione invernale, ma in senso più ampio l'intero periodo di accumulo, si presenta in genere fortemente nevosa con caratteri che, in alcuni casi, possono definirsi eccezionali (Tab. 1).

Un certo rilievo assunsero probabilmente in questo periodo le ripetute e talora imponenti valanghe. Ad acuire l'interesse verso tale dato concorre l'evidente constatazione della sua irregistrabilità con le normali procedure di raccolta dei dati termo-pluviometrici. A mio giudizio, durante questa fase gli accumuli indiretti dovettero risultare assai consistenti, almeno a giudicare dall'intensità e dalla frequenza dei fenomeni valanghivi documentati. Informazioni di tal segno provengono dall'intero arco alpino lombardo. Nell'anno 1800, ad esempio, si registrarono, in buona parte delle Retiche meridionali, episodi degni della maggiore attenzione, per intensità senza riscontri nella documentazione sinora rinvenuta. Sono piuttosto note le tragiche vicende che interessarono le truppe napoleoniche guidate dal generale McDonald impegnate, nella primavera di quell'anno, lungo il sentiero del Cardinello (alta valle del Liro) (fig. 2). L'impresa ebbe esito drammatico per le numerosissime vittime provocate dalle valanghe. Nello stesso periodo, a Livigno "cadde straordinaria neve, terribili valanghe che atterrarono case seppelendovi persone, bestiame ed ogni cosa"<sup>14</sup>, eventi questi che troveranno parziale analogia solo con i noti fatti del 1951<sup>15</sup>. "Lavine" di eccezionale imponenza, tali da permanere in alcuni casi nei fondovalle ancora

<sup>11</sup> negli undici anni dal 1750 al 1760 sette estati si rivelano variamente calde e secche.

<sup>12</sup> il lungo, e forse parziale, elenco delle estati calde a partire dal 1760 e sino alla fine del secolo vede presenti le seguenti annate: 1762 (parz.), 1763, 1768 (parz.), 1769, 1771, 1772, 1774, 1776, 1778, 1780 (?), 1781, 1782, 1784, 1788, 1793 (parz.), 1797

<sup>13</sup> CH. PFISTER, 1999, p. 206

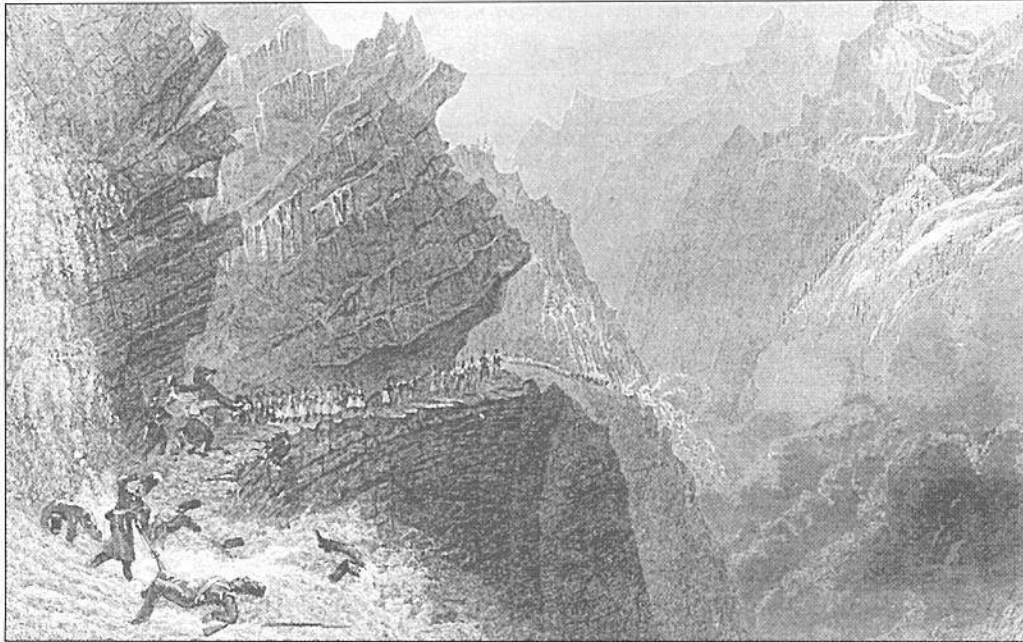
<sup>14</sup> Inchiesta ms. in Archivio Comunale di Livigno, cart. 34, 1870-77

<sup>15</sup> Per questi si può utilmente vedere L.G.B. SILVESTRI, *Per non dimenticare ... , Le valanghe del gennaio 1951 a Livigno*, Livigno, 1988



a fine estate, sono documentate nel 1801 in Val Bregaglia, quando *“hanno coperto la metà dei campi di Nasarina e portato via l'albergo di Probel (...) e sono di altezza smisurata”*<sup>16</sup>.

Nello stesso anno forti precipitazioni nevose si erano registrate già sul finire di febbraio, mentre anche il mese di aprile avrebbe assunto un aspetto termico tipico della stagione invernale accompagnato da consistenti cadute di neve. Episodi di tal segno, con danni estesi sino a quote insospettabili, si verificano anche in febbraio (App. II) e nella primavera del 1804 *“tanto che in più loci non segarono il fieno per l'anno 1805”*<sup>17</sup> e negli inverni del 1805 e del 1806 (App. IV). Più in là, ma è solo un caso fra i tanti, nel 1815 una grande valanga ostruì l'alveo del Brembo nei pressi di Valleve provocando non pochi danni<sup>18</sup>.



*Fig. 2: il tragico passaggio delle truppe napoleoniche guidate dal generale McDonald lungo il passo del Cardinello nel 1800.*

Di tali specifiche evenienze dovrebbero ipoteticamente essersi maggiormente avvantaggiati quei ghiacciai, o quei settori di ghiacciaio, ad accumulo indiretto (pensiamo ad esempio alle conseguenze sulle masse glaciali orobiche, dai cui territori provengono peraltro notizie simili), anche se non va dimenticato il ruolo fondamentale svolto in questi casi dai differenti fattori morfologici (quota, esposizione, pendenza, posizione e forma delle morene frontali).

Con ogni probabilità, tuttavia, contraddistinto da prolungate stagioni di accumulo (con il verificarsi di consistenti eventi nevosi tardivi), l'andamento meteorologico di queste annate dovette rappresentare un buon viatico al distendersi delle coltri glaciali verso posizioni di massima avanzata.

Nel decennio 1801-1810 la stagione invernale fece quindi spesso registrare una nevosità decisamente elevata, con le sole possibili eccezioni dell'ultimo biennio per il quale disponiamo solo di notizie incerte e frammentarie.

<sup>16</sup> G. GIOVANOLI, 1910, p. 62

<sup>17</sup> G. GIOVANOLI, 1910, p. 63

<sup>18</sup> AA.VV., 1992

anno idrol.	Autunno	Inverno	Primavera
1800	novembre nevoso e freddo		aprile molto nevoso
1801		freddo e grandi neviccate	Marzo e aprile: grandi neviccate
1802	fine novembre grandi piogge	rigido con molta neve	marzo nevoso
1803	piovosa la seconda metà di ottobre	freddo e grandi neviccate	aprile siccitoso
1804		febbraio: grandi valanghe	
1805	siccità sino all'8/10	moltissima neve	neve, piogge e freddo
1806	settembre ( e ottobre ?) piovosi	nevoso, soprattutto gennaio	aprile e maggio piovosi
1807	secco e mite	freddo e nevi	marzo e aprile con freddo e nevi; maggio mite
1808	settembre e ottobre sereno; novembre fortemente piovoso	dicembre nevoso, poi secco	aprile freddo e piovoso
1809	settembre freddo	freddo	fredda con abbondanti piogge
1810	novembre piovoso	nevi (?)	piovosa e fredda, più in maggio
1811	piogge a fine ottobre, poi secco	nevi a inizio e fine dicembre; gennaio freddo e nevoso; febbraio mite	maggio siccitoso
1812	piogge a fine ottobre, poi sereno fino al 4/12	freddissimo e sereno	fredda; aprile moderatamente nevoso
1813	ottobre forti piogge	freddo	marzo freddo e nevoso
1814	settembre e ottobre nevosi	febbraio freddo	aprile mite, tra fine aprile e metà maggio freddo, piogge e nevi
1815			fredda e nevosa in aprile e maggio
1816	nevi da metà novembre	nevoso e freddo	eccezionalmente fredda e nevosa

*Tab. 1: principali fatti relativi l'andamento delle stagioni di accumulo nel periodo 1800-1816*

Anche in questi casi, tuttavia, la possibile scarsità di contributi invernali venne, almeno in parte, compensata dalle abbondanti precipitazioni primaverili che, piovose in pianura, dovettero certo trasformarsi in nevose anche a quote relativamente basse, considerato il regime termico assai rigido a cui generalmente si accompagnarono. Per contro, gli apporti autunnali dovettero risultare generalmente scarsi, in particolare nel quinquennio 1803-1807. Si osservi tra l'altro come la stagione autunnale appaia nel periodo ben poco interessata da quegli eventi alluvionali che, soprattutto alle basse quote, generalmente la caratterizzano<sup>19</sup>. In ogni caso, meritano citazione, per le drammatiche conseguenze a cui diedero luogo, le intense piogge cadute fra i giorni 28/11-2/12 1807 che provocheranno il franamento di una estesa porzione del Monte Masuccio presso Sernio (Valtellina) e la conseguente formazione di un grande invaso di sbarramento definitivamente svuotatosi solo nella primavera successiva.

#### 4 - LE ALTERNE ESTATI DEL PRIMO DECENNIO DEL XIX SECOLO

Riferito in sintesi dei ragguardevoli accumuli nevosi che nei primi anni del XIX secolo interessarono le montagne lombarde, o buona parte di esse, restano da individuarsi i tratti, in questo caso assai meno univoci, della stagione calda. Questa, in effetti, come già si è accennato, presentò un andamento termico in alcuni casi decisamente conservativo delle nevi invernali, ma

<sup>19</sup> A margine si osservi come questa parte dell'anno appaia in genere, sotto il profilo meteorologico, poco documentata nelle fonti scritte. Tanto nelle fonti di natura religiosa, quanto nelle cronache e nei diari, l'evento climatico non è in genere percepito come realtà autonoma, risiedendo in esso significati di natura economica assai più ampi: la stretta connessione tra tali fatti e le vicende agricole comporta la penalizzazione documentaria delle fasi stagionali sotto tale aspetto meno rilevanti.

in tal altri più favorevole a un loro depauperamento. Due appaiono in ogni caso le prerogative delle estati in questi anni: la durata generalmente contenuta dei periodi di forte ablazione, non superiore ai 30-40 giorni, e i valori termici, in un senso o nell'altro, spesso parossistici. Ad estati, o più propriamente a frazioni estive assai calde e secche, fanno infatti da contraltare settimanale, mesi o intere stagioni decisamente fresche o, in alcuni frangenti, addirittura fredde e umide. Così, allo straordinario freddo dell'estate 1805 (App. III) durante cui addirittura “*si dovette ricorrere al fuoco*”<sup>20</sup>, si contrappone l'anomalia dell'agosto 1807 quando “*non trovasi luogo ove si possa ripararsi dal caldo*”<sup>21</sup>. Globalmente, seppure con un andamento assai più controverso rispetto a quello dei mesi freddi, anche le stagioni estive sembrano presentare in questa fase qualità moderatamente favorevoli al glacialismo, tali cioè da garantire la conservazione di accumuli residui, a fine stagione, sufficientemente estesi.

1802	grande siccità da 1/2 luglio a tutto agosto
1803	siccità in luglio
1804	siccità in agosto
1805	vento, piogge e freddo fino a metà agosto
1806	luglio siccitoso ma non particolarmente caldo; agosto freddo e piovoso
1807	molto calda e siccitosa
1808	fredda in giugno e luglio; molto calda in agosto
1809	
1810	piovosa e fredda
1811	siccità in luglio e primi agosto
1812	
1813	giugno umido; molto freddo in luglio e nevi in agosto
1814	umida: prevalenza di episodi freddi
1815	giugno e luglio umidi e freddi
1816	terribile freddo; piogge e nevi in giugno e luglio; freddo in agosto

Tab. 2: *L'andamento della stagione estiva negli anni 1802-1816*

## 5 - GLI ANNI SENZA ESTATE: 1813-1816

Dopo due anni, 1811 e 1812, per i quali disponiamo di una documentazione scarsa e contraddittoria, prende avvio una nuova stagione contraddistinta da andamenti eccezionalmente vantaggiosi per il glacialismo alpino.

La scansione cronologica che mi è sembrato di poter individuare trova una parziale conferma, per quanto riguarda il versante nord-alpino, nella relazione di Padre Placidus a Spescha redatta in occasione di un concorso bandito, nel 1820, dalla Società Svizzera di Scienze Naturali atto a verificare il processo di progressivo “*inselvaticamento*” delle Alpi svizzere. Apparso nel 1868-69 sull'annuario del Club Alpino Svizzero e ripreso nel già citato lavoro di Marco Pellegrini, il rapporto si apre con l'eloquente affermazione che “*in seguito a mie osservazioni durante trentacinque anni (dal 1783 al 1818) le Alpi svizzere da alcuni anni, in particolare dal 1811, sono sempre più fredde e rigide [...]*”<sup>22</sup>. Non diversamente, Cerutti, riportando le testimonianze del Canonico Georges Carrel, ricorda come i ghiacciai del Monte Bianco vivessero una fase di importante espansione nel periodo 1810-1818, durante il quale il Ghiacciaio della Brenva fece registrare un'avanzata di circa un chilometro<sup>23</sup>.

Se negli anni precedenti i maggiori contributi alla crescita glaciale sono sembrati provenire dai consistenti accumuli invernali, il quadriennio 1813-16 mostrerà invece l'efficacia di stagioni estive straordinariamente umide e fredde. Non sembra anzi azzardato affermare che, in

<sup>20</sup> Archivio di Stato di Sondrio, Raccolta Romegialli, Cronaca Petrucci, cart. 18, fasc. 16

<sup>21</sup> Archivio di Stato di Sondrio, Raccolta Romegialli, Cronaca Petrucci, cart. 18, fasc. 16

<sup>22</sup> P. A. SPESCHIA, 1868-1869

<sup>23</sup> A.V. CERUTTI, in AA.VV., 1997, p. 15

alcuni casi, i mesi “caldi” fecero registrare requisiti di così intensa “recrudescenza” da potersi considerare come un prolungamento della stagione di accumulo; una sorta di sospensione dei processi di ablazione sostituiti dal maturare di nuovi accumuli estivi più o meno consistenti. Per fare un esempio, all’inizio della stagione estiva del 1816 - ma per quell’anno il peggio era forse ancora di là da venire - uno sconsolato cronachista di Lovere (Bergamo) affermava essere “*pieno inverno dall’ottobre precedente*”<sup>24</sup>.

In effetti, i mesi “caldi”, in quel periodo, presentarono prerogative di assoluta anomalia, con frequenti piogge, nevicate a bassa quota anche a tarda primavera e addirittura in estate, rovinose e ripetute gelate, nebbie estive e il continuo spirare di venti freddi e sostenuti. Tale deterioramento prende plausibilmente avvio nell’estate del 1813. Il 20 luglio di quell’anno in alta Valtellina si rimarcava “*il freddo estremo che va continuando con gelo ai monti e brina al piano. Convieni stare al fuoco per ripararsi dalle aree rigide, mai stette a ricordo d’uomini*”<sup>25</sup>. Nel successivo mese di agosto la situazione non migliorò di molto visto che, come risulta dalle cronache, la neve cadde abbondante per ben quattro volte anche sotto i 2000 metri. Il 2 e poi il 9 settembre nuove cospicue nevicate interessarono il rilievo alpino.

A conseguenza di un successivo nevoso inverno, Teglio appariva, ancora nel mese di marzo del 1814, ricoperta da *una braccia e mezza di neve*<sup>26</sup>, mentre a fine luglio, dalla pianura si osservavano le Prealpi ben imbiancate.

Se l’anno prima, per effetto di una pessima estate, molti raccolti erano risultati assai modesti, nel 1814 questi diedero esito ancor peggiore, quantificati, in Valcamonica, in circa la metà di quelli dell’annata precedente.

Non dissimilmente, nel successivo 1815 la neve sui pascoli più elevati cadde abbondante per tutti i mesi di maggio, giugno e luglio, mentre ripetute piogge accompagnate da forti venti batterono la pianura. Ancora poco, tutto sommato, rispetto a quanto sarebbe accaduto nella successiva, incredibile estate del 1816. In quell’anno si alternarono senza interruzione piogge furiose e venti gelidi, ripetute e abbondanti nevicate (nei fondovalle ancora a metà aprile) e disastrose ondate di gelo sino a metà luglio. Il 15 giugno, i campi di segale in Valcamonica risultavano ancora sepolti sotto uno spesso manto nevoso, mentre sui monti, lungo tutto il corso dell’estate, nevicò pressoché ogni giorno. Ciò almeno sino al mese d’agosto, quando le ricorrenti precipitazioni lasciarono spazio ad aria secca e fredda e a un cielo quasi permanentemente ricoperto di nubi.

Stante tale situazione, non sembra forzata l’afferenza di questi mesi estivi alla lunghissima stagione di accumulo. Avvezzi all’osservazione di fronti in ritiro più o meno pronunciato, possiamo solo immaginare quanto in quelle estati andava accadendo alle coltri glaciali ove, agli intatti depositi autunno-invernali andarono progressivamente a sovrapporsi, uniformemente su tutta la superficie, nuovi e cospicui apporti tardivi: a fine stagione (quale?!) le fronti turgide e in avanzata si presentavano probabilmente sepolte sotto consistenti spessori di neve d’annata, mentre i bacini alti ed intermedi dovevano apparire gonfi e ricolmi all’inverosimile.

A partire dal 1817 l’andamento della stagione estiva pare assumere, repentinamente, tratti inclini ad una marcata accentuazione dei fenomeni di ablazione: prolungati episodi caldi e siccitosi soprattutto, ma, in taluni casi, anche violente precipitazioni piovose in quota, sortiscono effetti negativi sugli accumuli pluriennali e sulle superfici ghiacciate, almeno nei bacini meno elevati. Nell’agosto del 1817 le esondazioni dell’Adda a Tirano e del Mallerio a Sondrio “*si attribuiscono allo scioglimento delle ghiacciaie*”<sup>27</sup>, mentre, sempre in Valtellina, un “*caldo eccessivo fa sospirar l’acqua*”<sup>28</sup> durante le estati del 1818 e del 1822.

<sup>24</sup> A. BAZZINI, in P. Guerrini (a cura di), 1984

<sup>25</sup> in N. CECINI, (a cura di), *Studi storici bormiensi in memoria di Tullio Urangia Tazzoli*, Raccolta Studi storici sulla Valtellina, XX, Milano, 1963

<sup>26</sup> corrispondente a circa un metro di neve.

<sup>27</sup> G. LAVIZZARI, 1974

<sup>28</sup> G. LAVIZZARI, 1974



Negli anni successivi, e lungo tutto il corso del XIX secolo, la rilevanza dei fenomeni di ablazione assumerà caratteri particolarmente evidenti ancora in occasione delle più violente precipitazioni estive. Accanto al citato episodio del 1817, voglio ricordare gli importanti eventi del settembre 1839 quando *“le ghiacciaie di Valda forn e quella dell’Albigna si dileguarono [...] scaricandosi sopra la nostra valata di Bregaglia”*<sup>29</sup>, dell’ottobre 1852 con il *“distacco di massi di ghiaccio”* trasportati dalla furia dei torrenti in piena sino all’abitato di Vezza d’Oglio (Valcamonica) e, nello stesso luogo, dell’agosto 1854. Ad ogni modo, tali eventi, evidentemente compensati da fenomeni di opposto segno, non impedirono alle masse glaciali di spingersi nuovamente verso posizioni di notevole, e talora massima, avanzata proprio attorno alla metà del secolo (fig. 3).

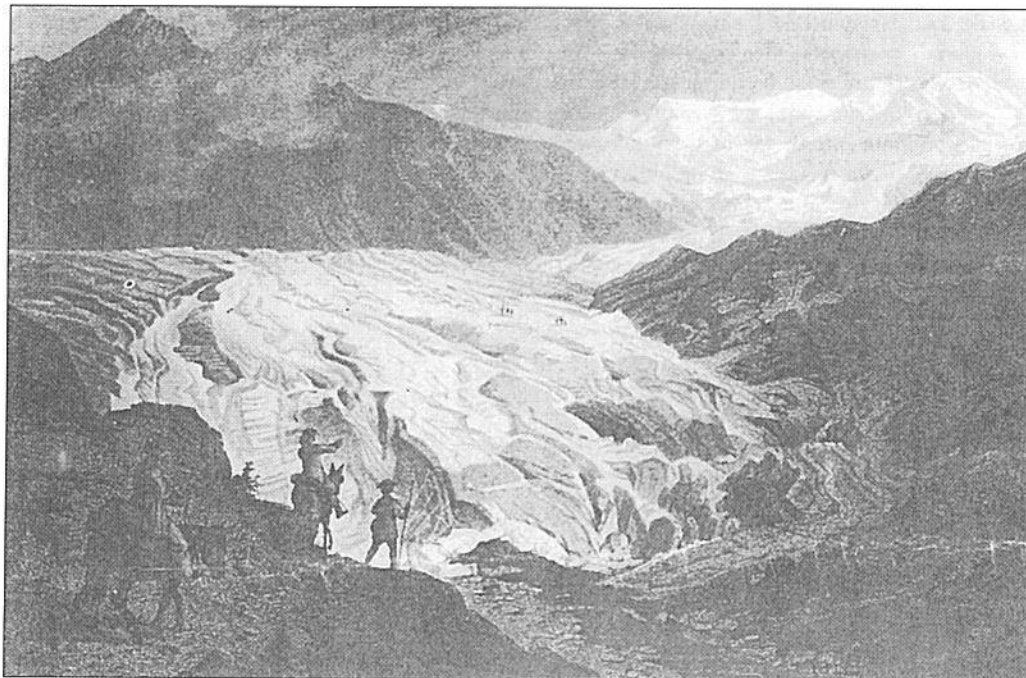


Fig. 3: il Ghiacciaio dei Forni, in una stampa del 1830, molto vicino alla posizione di massima avanzata storica.

## 6 - CONCLUSIONI

Le informazioni raccolte, oggetto della presente seriazione, sembrano poter mettere in luce la natura delle variazioni meteo-climatiche intervenute a partire dal nono decennio del XVIII secolo e che hanno condotto al massimo glaciale del 1815-1820. Un primo cambiamento rispetto alle condizioni relativamente sfavorevoli della seconda metà del XVIII secolo pare maturare a partire dal 1785, con una ripresa degli accumuli e, contemporaneamente, con l’interrompersi di un lungo periodo contraddistinto da estati calde e siccitose. Certo quest’ultima circostanza si riproporrà anche nei decenni successivi, in particolare durante il periodo 1802-1807, ma senza quei caratteri di intensità e durata, spesso parossistici, precedentemente registrati.

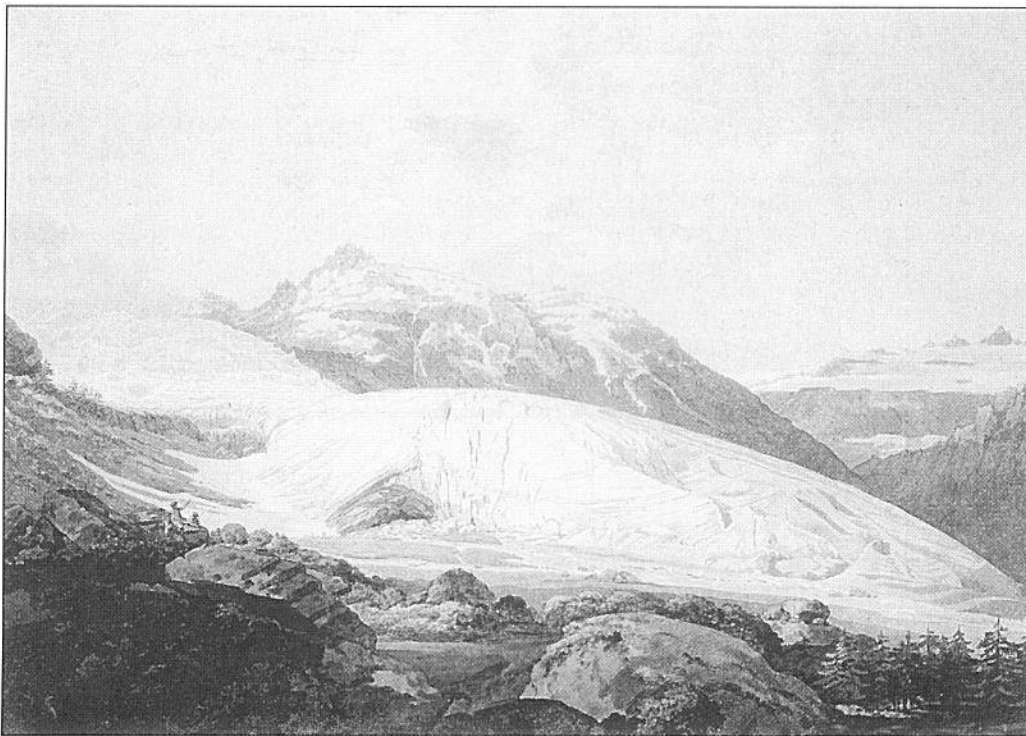
Per ora appare arduo definire con esattezza i precisi limiti di queste opposte fasi, ma se una seppur debole frattura meteo-climatica è intervenuta, questa deve, a nostro giudizio, ricercarsi all’interno del quindicennio 1785-1800, con il progressivo stemperarsi delle condizioni

<sup>29</sup> G. GIOVANOLI, 1910.

favorevoli all'ablazione estiva e, in un secondo tempo, con la lenta ripresa degli accumuli invernali, poi accentuatasi a partire dal 1800. Durante i primi anni del nuovo secolo l'eccellenza di alcuni episodi nevosi ha prodotto significativi eventi valanghivi i cui esiti, seppur di difficile interpretazione, potrebbero aver influito positivamente su alcune tipologie di ghiacciai. Una significativa spinta all'avanzata delle lingue glaciali è infine stata impressa dalla straordinaria congiuntura delle estati nel quadriennio 1813-1816.

Questa fase di espansione glaciale nella catena alpina, o almeno in suoi estesi settori, si è prodotta, all'interno di un più ampio contesto positivo (PEG), in forma lenta e progressiva, ancorché con momenti di accelerazione delle dinamiche in corso; non altrettanto può invece dirsi per il successivo, opposto, periodo di regresso. Quest'ultimo, infatti, in conformità, fors'anche casuale, con la rapidità e l'incisività dei processi di deglaciazione tipici ad esempio delle fasi post-glaciali pleistoceniche, si è manifestato sin dagli inizi in forma assai marcata, come ben evidenziano alcuni episodi cui qui si è fatto solo rapido cenno.

In questa sede, ho avanzato alcune ipotesi, suffragate da una ricerca documentaria sufficientemente estesa, ma certo non completa, in grado di svelare solo parte dei molti quesiti aperti attorno alla relazione clima-ghiacciai in epoca storica. E' questo un campo di applicazione che richiederà in futuro l'impegno finalizzato dei cultori delle diverse discipline, storiche e naturalistiche, interessate a comprendere le ragioni di eventi che hanno avuto significative conseguenze, tanto sulla storia umana, quanto sul modellamento del paesaggio alpino.



*fig. 4: il Ghiacciaio del Rodano nel 1770. Pur ancora potente, la fronte mostra i segni tipici di una fase di ritiro, quali la bocca glaciale (visibile al centro), la cui volta è anche parzialmente crollata, e il margine glaciale dal profilo adagiato (acquerello di William Pars).*

## APPENDICE DOCUMENTARIA

L'appendice documentaria che segue non ha alcuna pretesa di completezza. Essa intende solamente fornire elementi a supporto delle tesi enunciate e soprattutto avvicinare il lettore ad alcuni ambiti della ricerca climatostorica.

(I) - 1803 - EPIGRAFE DELLA TELA "MADONNA CON BAMBINO" DI GIOVANNI HÜDENER NELLA CHIESA DELLA MADONNA DELLA SALUTE A CHIETE PRESSO VILLA DI CHIAVENNA<sup>30</sup>.

*"Ad advertendum quo premebatur siccitatis / flagellum Claven(n)ensis pop(ulus), cum Cler(icis) et Sodal(ibus) / heic ad salutis fontem deiparam processionaliter / obventus Dieb(us) XXV Julij et V Augusti MDCCCIII Gratia bis petita totidem / incessanterque consecuta in eternalis memorie monumentum / p(osuit)"*

"Per allontanare il flagello della siccità da cui era oppresso, il popolo di Chiavenna con il clero e le confraternite, recatosi in processione qui alla fonte della salute, la madre di Dio, il 25 luglio e il 5 agosto 1803, chiesta due volte la grazia, ottenutala per altrettante volte e immediatamente, pose questo segno di eterna memoria"

(II) - 1804 - NOTA DELLE "GRAN LAVINE" CADUTE IN VAL BREGAGLIA L'11 FEBBRAIO 1804

G. GIOVANOLI, (a cura di), *Cronaca della Valle di Bregaglia*

*"E' venuta giù una gran lavina su nel piano della folla cominciando nella somità dei monti e venuta giù sino all'acqua Orlegnie spiantando l'intero bosco portando tutto a basso nel piano tutto quel gran legname. Altra terribile lavina è caduta a Casaccia dalla sponda null'ora del Mulino sopra Casaccia con tanta forza e veemenza che a disfatto e portato nell'acqua Orlegnia la stalla nova (...) Altra maggiore e più grande lavina è caduta fuori a Lizun rimpetto Loppia dentro questa gran lavina è caduta con tanta forza e veemenza che a passato il fiume è andata sin sulla strada pubblica che va a Casaccia portato via una stalla a Loppia dentro e danneggiata un'altra e lassando gran materiale e nevi che son coperti i prati d'una parte e dall'altra dell'acqua specialmente le due rocche di Loppia non si scoprono di neve in tutta l'istate [...]"*

(III) - 1805 - NOTA METEOROLOGICA DEL PERIODO PRIMAVERA-ESTATE IN ALBOSAGGIA (VALTELLINA)

(Archivio di Stato di Sondrio, Cronaca Petrucci)

*Marzo:* La neve caduta in quest'inverno è cosa incredibile; questa portò danni incalcolabili; ed al presente ancora ne abbiamo grande quantità. Il freddo peraltro non fu grande, che anzi fu mite.

*Aprile:* L'inverno seguita. Ora neve, ora acqua, ora vento, quindi si prova ancora il freddo quasi peggiore di mesi passati. Al fine di questo mese la neve era ancora a Biglio, e su in Albosaggia. A S. Salvatore la neve è ancora alta dodici in quattordici quarte. La vite e la campagna nulla si muove, e non nasce grano, ne cresce erba.

*Agosto:* A ricordo d'uomini non vi fu stagione simile all'attuale: Sino ai 15 agosto non si seppe cosa fosse caldo. Ora vento, ora acqua, e nel giorno 15 e 16 correnti si dovette ricorrere al fuoco per il freddo straordinario che faceva. Si può immaginare di quanto sieno ritardati i frutti della campagna. Alla fine di questo mese non si vedeva un grano di uva tinta. Da cui si giudichi del resto.

(IV) - 1806 - NOTA DELLE VALANGHE CHE COLPIRONO LA VAL BREGAGLIA IL 1 FEBBRAIO DEL 1806

G. GIOVANOLI, (a cura di), *Cronaca della Valle di Bregaglia*

*"Nel piccolo borgo di Pungzil il Lunedì à principiato a venir neve sempre a basso e ciò sempre continuato sin tutto il primo Sabato giorno primo di febbraio".*

*"Verso la fine di gennaio cadde una gran quantità di neve. Il primo febbraio ora 4 dopo mezzo giorno è stato una neve grande et una bisa forte tal che alla sudetta ora è venuta giù per il Drogo piccolo la lavina da Gambon che ha preso via la resiga et un buon numero di borra et il molino delli Rovinelli così detto il molin grand e la folla delli Pool Martin il molino di Lorenzo Torriani il molin detto Martin fu storto che l'hanno dovuto prender giù (...) Il giorno 1 di febbraio circa a mezzo giorno è stato spaventevole e lugubre alla piccola terretta di Ponggiello [1150 m ca.] dopo tanti secoli che mai si è veduto simile disgrazie venendo giù alla gran lavina di neve della Val Mulina e puocho lungi della detta terrette si è separata della lavina sormontando il vallaro sopra Ponggiello venendo giù una gran porzione di detta lavina sopra ponggiello con tanta forza e veemenza che ha diroccato numero tre case e due stalle. Restarono morte numero tre persone Notajo Andrea Postilla e sua moglie stasa Pontisella (...) e Anna Pontiselli restando sotterrati sotto le ruine atterrate dalla lavina con tutte le loro sostanzie e tutte il loro bestiame buino e trenta capi pecore e capre. Quello che più a sembrato strano e doloroso è stato che il giorno primo febbraio era stata tanto grande la neve che nissuno poteva transitare e andare in soccorso sicchè tutta quella povera gente anno dovuto stare in quel*

<sup>30</sup> L'informazione è già stata resa nota, fra gli altri, dal prof. Guido Scaramellini di Chiavenna in *Pittori minori in Valchiavenna tra sei e ottocento*, "Clavenna", Boll. Centro Studi St. Valchiav., XXIII, 1984.

*doloroso statto e in tale angoscia sino la Domenica mattina 2 febbraio e che poi a forza di gridi si fecero sentire onde il popolo di Vicosoprano con gran stento causa la gran neve gli è andato in soccorso. Suspendendo la predica e tutte le altre funzioni della Domenica (...) Suddetta lavina ha principiato sul piz Muntanela e ha menato 15 piante grandi sino alla stalla della chiesa nominata tobla della basega (...) E' pure venuta giù una grande lavina da Montaira sopra Nasarina con tanta forza e violenza che arivatta sino al Rovin di Nasarina dirocando e portando via molti albergi?.*

(V) - 1806 - NOTA METEOROLOGICA DEL MESE DI AGOSTO IN ALBOSAGGIA (VALTELLINA)  
(Archivio di Stato di Sondrio, Cronaca Petrucci)

Agosto: questo mese fu dominato da un vento freddo con di forti temporali, tra gli altri uno ne venne il dì 30 di questo terribile. Caddero più saette che non fecero alcun nocumento che a pochi alberi di Larzano.

(VI) - 1807 - NOTA METEOROLOGICA DELLA STAGIONE INVERNALE IN ALBOSAGGIA (VALTELLINA)  
(Archivio di Stato di Sondrio, Cronaca Petrucci)

Gennaio: cominciato l'anno è cominciato l'inverno. Neve, freddo, nebbie disturbano assai [...]

Neve, freddo, vento rende insoffribile la stagione.

Febbraio: Tutto questo mese fu orrido inverno.

Marzo: Tutto questo mese fu più orrido di tutti gli altri. Le viti devono aver sofferto, Difatti il vino cominciò ad essere ricercatissimo, ed il prezzo s'aumentò di molto.

Aprile: Il freddo, la neve continua e solo nell'ultimo di questo mese si poté star lontano dal fuoco.

## INDICAZIONI BIBLIOGRAFICHE

Testi e articoli di introduzione alla storia del clima e dei ghiacciai, opere metodologiche, modelli di ricostruzione climatostorica.

- AA.VV. (1997) - *Archivi Glaciali. Le variazioni climatiche ed i ghiacciai*. Atti dell'incontro di Courmayeur, 2-3 settembre 1995, C.A.I. Comitato Scientifico Ligure - Piemontese - Valdostano, Vercelli.
- G. BERRUTI, O. VALETTI (1990) - *Contributo allo studio del clima dell'alta Valcamonica tra i secoli XIV e XIX (Brescia)*, in "Natura Bresciana" Annuario del Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia, n. 25, Brescia.
- L. BONARDI (1996) - *Elementi per una storia del clima nella Montagna Lombarda centro-orientale*, in "Rivista Geografica Italiana", CIII, fasc. 3.
- L. BONARDI (1998) - *Le Alpi e la montagna italiana di fronte alla crisi climatica dei secoli XVI-XIX*, in G. Scaramellini (a cura di), "Montagne a confronto - Alpi e Appennini nella transizione attuale", Torino.
- R. S. BRADLEY, P. D. JONES (a cura di) (1995) - *Climate since A.D. 1500*, London - New York.
- D. CAMUFFO (1990) - *Clima e Uomo*, Milano.
- R. FINZI (a cura di) (1986) - *Le meteore e il frumento - Clima, agricoltura, meteorologia a Bologna nel '700*, Bologna.
- J. GROVE (1988) - *The Little Ice Age*, London.
- H.H. LAMB (1972) - *Climate: Present, past and future*, 2 voll., London.
- E. LE ROY LADURIE (1982) - *Tempo di festa, tempo di carestia. Storia del clima dall'anno mille*, Torino.
- U. MONTERIN (1934) - *Il clima sulle Alpi è mutato in epoca storica?*, in ricerche sulle variazioni storiche del clima italiano, Cnr, fasc. II, Bologna.
- PARRY (1978) - *Climatic Change, Agriculture and Settlement*, Folkstone.
- M. PELLEGRINI (1973) - *Materiali per una storia del clima nelle Alpi lombarde durante gli ultimi cinque secoli*, in "Archivio storico ticinese".
- M. PINNA (1996) - *Le variazioni del clima*, Milano.
- C. PEISTER (1999) - *Wetternachhersage - 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen*, Bern.
- ROTBURG, T.K. RABB (a cura di) (1984) - *Clima e storia. Studi di storia interdisciplinare*, Milano.
- C. SMIRAGLIA (1992) - *Guida ai ghiacciai e alla glaciologia - Forme, fluttuazioni, ambienti*, Bologna.

### Fonti edite principali

- AA.VV. (1980) - *Lo straordinario e il quotidiano; ex-voto, santuari, religione popolare nel bresciano*, Brescia.
- AA.VV. (1983) - *Pittura popolare. Ex voto dipinti della Bergamasca*, Bergamo.
- AA.VV. (1992) - *Le sorprese di una civiltà minore - Arte*, Parrocchie di Valleve e Foppolo, guida alla mostra.
- P. A. SPESCHA, *Das Klima der Alpen am Ende des vorigen und im Anfange des jetzigen Jahrhunderts*, da "Jahrbuch des Schweizerischen Alpenclubs", 5, 1868-1869
- A. FAPPANI (1972) - *I Santuari bresciani*, 4 voll., Brescia.
- G. ARVEDI (1888) - *Illustrazione della Val di Sole*, Trento.
- C. BARONI, A. CARTON (1990) - *Variazioni oloceniche della vedretta della Lobbia. (Gruppo dell'Adamello, Alpi centrali)*, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, Boll. del Comitato Glaciologico Italiano, 13.
- V. T. BOTTEA (1884) - *Storia della Val di Sole*, Trento.
- G.B. CASTIGLIONI (1961) - *I depositi morenici del Gruppo Adamello-Presanella con particolare riguardo agli stadi glaciali postwurmiiani*, Padova.
- A. FERRARI (1960) - *Paesaggio camuno. Vezza d'Oglio e le sue antiche terre*, Breno.
- O. FRANZONI (1988) - *Per castigo di Dio. Note per una mappa storica delle calamità in valle Camonica (secoli XIII-XIX)*, in "Quaderni Camuni", n. 43, Nadro di Ceto.
- A. GIRELLI (1977) *Memorie di Giò Antonio Girelli*, in Bollettino Parrocchiale di Cologne, gennaio-giugno '77
- E. KANT (1809) - *Geografia Fisica*, Milano.
- G. LAVIZZARI (1974) - "Incidimus in mala tempora..., Memorie di ogni genere che si lasciano ai posteri", in "Bollettino della Società Storica Valtellinese", n. 26, anno 1973.
- P.L. MERCANTON, *Les variations périodiques des glaciers des Alpes Suisses*, in "Annuaire du C.A.S.", varie annate
- A. MORANDINI (1941) - *Appunti di storia sulla Valle di Saviore*, Brescia.
- J. PAYER (1865) - *Die Adamello Presanella-Alpen nach den Forschungen und Aufnahmen*, Gotha.
- M. PELFINI (1999) - *La Piccola Età Glaciale e la sua registrazione negli archivi naturali (alcuni esempi nelle Alpi italiane)*, in G. Orombelli (a cura di) "Studi Geografici e Geologici in onore di Severino Belloni", Genova, pp. 525-546
- E. RICHTER (1888) - *Die Gletscher der Ostalpen*, Stoccarda.
- B. RIZZI (1870) - *Storia della Valcamonica*, Bornato.
- G.B. TRENER (rist. 1957) - *Le oscillazioni periodiche secolari del clima nel Trentino*, in "Scritti Geografici e Geologici", vol. 1, Studi Trentini di Scienze Naturali, XXXIV,

### Fonti edite: cronache, memorie e diari

- G. GIOVANOLI, (a cura di) (1910) - *Cronaca della Valle di Bregaglia*, Chiavenna.
- in P. GUERRINI (a cura di) (1984) - *Fonti per la storia bresciana I*, rist. Brescia:
- V. ROSA, Memorie storiche di Palazzolo (XVI-XVIII)
  - A. BAZZINI, Cronaca di Lovere (1765-1828)
  - D.G. MANERBA, Cronaca di Desenzano (1781-1880)
  - A. ALBERTI, Diario di Desenzano (1653-1850)

### Principali archivi consultati

- Archivio Parrocchiale di Capriolo, (Libro delle Ballottazioni del Popolo, cat.12, cart.4; Registro dei battezzati 1767-1818)
- Archivio Parrocchiale di Monticelli Brusati, (registri parrocchiali; ms. Zibaldone, Cronaca di Monticelli)
- Archivio Parrocchiale di Vezza d'Oglio (registri delle anime dei morti, dei battezzati, ecc.)
- Archivio Capitolare Laurenziano di Chiavenna
- Archivio Putelli, presso Biblioteca Comunale di Breno
- Archivio di Stato di Sondrio
- Archivio di Stato di Milano
- Archivio Comunale di Edolo
- Archivio Comunale di Livigno

## ABSTRACT

Nel corso del secondo decennio del XIX secolo si assiste, lungo tutto l'arco alpino, a una forte avanzata dei ghiacciai. Attraverso l'utilizzo di fonti documentarie edite e inedite, questo studio intende indagare il contenuto meteo-climatico di tale variazione con particolare riferimento alle Alpi Centrali Italiane. Vengono così evidenziate le diverse congiunture che, a partire dalla seconda metà del XVIII secolo, hanno condotto le fronti di molti ghiacciai su posizioni di massima avanzata storica.

Parole chiave: *Piccola Età Glaciale, Storia del clima, variazioni dei ghiacciai, Alpi Centrali Italiane*

During the second decade of the 19<sup>th</sup> century a strong advance of glaciers was registered in the whole Alpine system. This research aims at investigating the content of this weather-climate change, with particular emphasis on the Italian Central Alps, by using published and unpublished documentary sources. It therefore highlights the different circumstances that since the second half of the 18<sup>th</sup> century have lead the snout of many glaciers to their maximum historical advance position.

Key words: *Small Ice Age, History of the climate, glaciers' variations, Italian Central Alps*

Pendant la deuxième décennie du XIX siècle on peut observer, sur toutes les Alpes, une évidente progression des glaciers. En utilisant des sources documentaires éditées et inédites, cet étude veut analyser les variations météorologiques et du climat de cette période, surtout sur les Alpes Centrales Italiennes. On peut donc mettre en évidence les différentes conditions que, à partir de la deuxième moitié du XVIII siècle, ont été la cause de la progression de beaucoup de fronts des glaciers.

Mots-clés: *Petite période glaciaire, histoire du climat, variations des glaciers, Alpes Centrales Italiennes*

Im Laufe des zweiten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts verzeichnete man einen starken Vorstoß der Gletschern auf den ganzen Alpen. Diese Untersuchung zielt auf die Erklärung des Wetter-Klimainhalts dieser Änderung mit Nachdruck auf die Italienische Zentralalpen, indem sie veröffentliche und unveröffentliche Dokumentenquellen benutzt. So werden die verschiedenen Umstände hervorgehoben, die seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Tore vieler Gletscher zu der höchsten geschichtlichen Lagen gebracht haben.

Schlüsselwörter: *Kleine Eiszeit, Geschichte des Klima, Gletscheränderungen, Italienische Zentralalpen*



## GHIACCIAI IN SCANDINAVIA

(traduzione di Francesca Ferroni)

### INTRODUZIONE

Le questioni relative al bilancio di massa rappresentano il punto centrale nello studio del rapporto tra i ghiacciai e il clima. Le misurazioni del bilancio di massa di un ghiacciaio coinvolgono numerosi, diversi approcci, tra loro complementari, come le misurazioni delle variazioni geometriche, i parametri del bilancio stesso (accumulo, ablazione e bilancio netto), i cambiamenti dinamici e quelli dovuti a precedenti variazioni climatiche. Nel presente lavoro si pone particolare attenzione a bilanci di massa di ghiacciai basati su misurazioni da campo.

Allo scopo di ampliare la prospettiva delle misurazioni del bilancio di massa in Scandinavia, vengono contemporaneamente effettuati studi simili intorno all'Oceano Artico. In questo contesto allargato, i nostri dati sul bilancio di massa costituiscono una importante fonte di informazioni per gli studiosi dei modelli climatici e per altre ricerche sul clima. Nell'ambito del *LASC-MAGICS*, i dati verranno integrati con quelli provenienti dall'intera regione artica. La questione fondamentale è se possiamo identificare i cambiamenti climatici e le tendenze in materia di bilancio di massa dei ghiacciai nell'Artico o no, e quale impatto tali cambiamenti futuri potranno avere sul clima e sul livello del mare. La popolazione glaciale in Scandinavia ammonta a circa 1900 unità, di cui l'84% sono site in Norvegia (Östrem et alii 1973). La superficie glacializzata complessiva è di circa 3000 km<sup>2</sup>.

Secondo i modelli climatici vigenti è da ritenersi che l'influenza di un futuro aumento del riscaldamento globale sia prevalente alle alte latitudini, come in Scandinavia. Gli aumenti di temperatura avranno probabilmente un effetto negativo sulla dimensione dei ghiacciai a causa di un aumento dell'ablazione, ma potrebbero anche causare l'aumento dell'umidità nell'atmosfera. Se ciò dovesse accadere durante l'inverno i risultati potrebbero però essere opposti: maggiori precipitazioni e quindi maggiore accumulo nevoso, e forse ghiacciai in avanzata.

Ai fini di interpretare correttamente le variazioni climatiche e per distinguere le variazioni naturali da quelle antropogeniche, le registrazioni del clima di lunga durata, come il bilancio di massa dei ghiacciai, rivestono un ruolo di vitale importanza. Il presente lavoro contiene i programmi di bilancio di massa dei ghiacciai attualmente in atto in Scandinavia.

### BACKGROUND

#### *Svezia*

La prima raccolta di dati sui ghiacciai svedesi fu redatta per il Congresso Internazionale di Geologia che si tenne a Stoccolma nel 1910 (Hamberg 1910, Svenonius 1910). La compilazione, "Die Gletscher Schwedens im Jahre 1908", contiene dati di posizione delle fronti, misurazioni di velocità, cartine e fotografie. Svenonius fece indagini e osservazioni sui ghiacciai tra il 1884 e il 1910 circa. I ghiacciai di suo interesse erano situati nell'area di Kebnekaise, con particolare attenzione al Kårsglaciären (Svenonius 1910). Hamberg fece successive indagini sui ghiacciai nella regione del Sarek tra il 1895 e il 1918 (Hamberg et al. 1930).

Negli Anni Venti e Trenta Hans W:son Ahlmann studiò i dati di aumento della temperatura all'inizio di questo secolo e il corrispondente assottigliamento dei ghiacciai nella Scandinavia settentrionale, in Islanda, in Groenlandia e alle Svalbard (Ahlmann, 1953.) Uno dei risultati

<sup>1</sup> Facoltà di Geografia Fisica, Università di Stoccolma, S-106 91 Stoccolma, Svezia

del suo impegno scientifico è il bilancio di massa del Storglaciären, che fu avviato da Valter Schytt: le indagini sul campo iniziarono nel maggio del 1946 registrando il bilancio dell'inverno 1945/46 (Schytt 1947, Holmlund e Jansson 1999). Il dato del bilancio di massa di questo ghiacciaio è ancora valido e costituisce oggi la serie più lunga del mondo (Fig. 1).

Dal 1981 a oggi sono stati studiati alcuni ghiacciai, sia come parte del programma di monitoraggio a lungo termine sia come studio a breve termine (Holmlund 1993, 1995, Holmlund and Jansson 1999). L'attuale campione è costituito da otto ghiacciai; Kårsglaciären, Mårmaglaciären, Rabots glaciär, Pårteglaciären, Riukojietna, Salajekna (Fig. 2), Storglaciären e Tarfalaglaciären.

#### *Norvegia*

Le prime misurazioni sui ghiacciai norvegesi furono effettuate negli Anni Novanta del XIX secolo da Öyen (1908) nell'area di Jotunheim. Questi luoghi comprendono anche lo Storbreen e furono poi rimisurati da Warenskiöld negli anni successivi a partire dal 1933 (Warenskiöld 1949, Hoel e Warenskiöld 1962) e più tardi da altri. Nel 1949 Liestøl (1967) iniziò le misurazioni del bilancio di massa dallo Storbreen.

Agli inizi degli Anni Sessanta il bilancio di massa di numerosi ghiacciai della Norvegia meridionale fu incluso nel programma atto a fornire dati immediati al NVE<sup>2</sup>. Gli apparati presi in esame erano: Ålftobreen, Nigardsbreen, Hellstugubreen, Gråsubreen, Hardangerjøkulen; a questi va aggiunto il programma iniziato precedentemente allo Storbreen. Nel 1970 anche il Ghiacciaio di Engabreen entrò a far parte di questo gruppo di unità-campione.

Gli studi attuali sul bilancio di massa vengono effettuati dal NVE su 11 ghiacciai della Norvegia (Elvehöi et al. 1997). Inoltre, l'Università di Aarhus effettua dal 1986 analoghe misurazioni sul Ghiacciaio di Austre Okstindabreen (Knudsen 1999). Nel 1966 Liestøl iniziò i controlli dei ghiacciai di Auster Brøggerbreen e di Midtre Lovénbreen alle Svalbard (Hagen e Liestøl 1990), e nel 1986 questo programma venne esteso anche a un altro apparato, il Kongsvegebreen. Il programma per il bilancio di massa alle Svalbard norvegesi è organizzato e gestito dal *Norsk Polarinstitutt*.

## **L'ATTUALE ORGANIZZAZIONE DELLE RICERCHE GLACIOLOGICHE IN SCANDINAVIA**

Le misurazioni sullo Storglaciären sono estremamente dettagliate, in modo che i suoi dati possono essere utilizzati come punto di riferimento per altri ghiacciai presi in esame con un minor numero di stazioni di misura. Lo scopo del programma del *Tarfala Research Station* è quello di stabilire come i gradienti climatici nella catena montuosa scandinava siano abbinati a caratteristiche termiche e dinamiche dei ghiacciai e come le variazioni di questi gradienti influiscano sull'andamento dei ghiacciai stessi.

Lo studio di un vasto numero di unità glaciali ha come obiettivo principale quello di determinare i gradienti nei parametri climatologici e di bilancio di massa e i rapporti tra questi parametri nell'ambito della catena montuosa scandinava. Sono stati selezionati tre profili (Tab. 1). Il profilo posto più a Nord, a circa 68°N, comprende, da Est a Ovest, i ghiacciai di Mårmaglaciären, Storglaciären, Riukojietna e talvolta lo Storsteinsfjellbreen in Norvegia. Il profilo centrale, situato proprio a nord del Circolo Polare Artico, annovera i ghiacciai di Pårteglaciären, Salajekna e Engabreen. Fanno parte del profilo più meridionale, sito a 61-62°N, sempre da Est a Ovest, i ghiacciai di Gråsubreen, Hellstugubreen, Storbreen, Austerdalsbreen, Nigardsbreen, Jostefonn e Ålftobreen. Tutti e tre i profili comprendono sia ghiacciai continentali sia intermedi mentre al profilo più settentrionale manca un ghiacciaio marittimo.

---

<sup>2</sup> Norwegian Water Resources and Energy Directorate



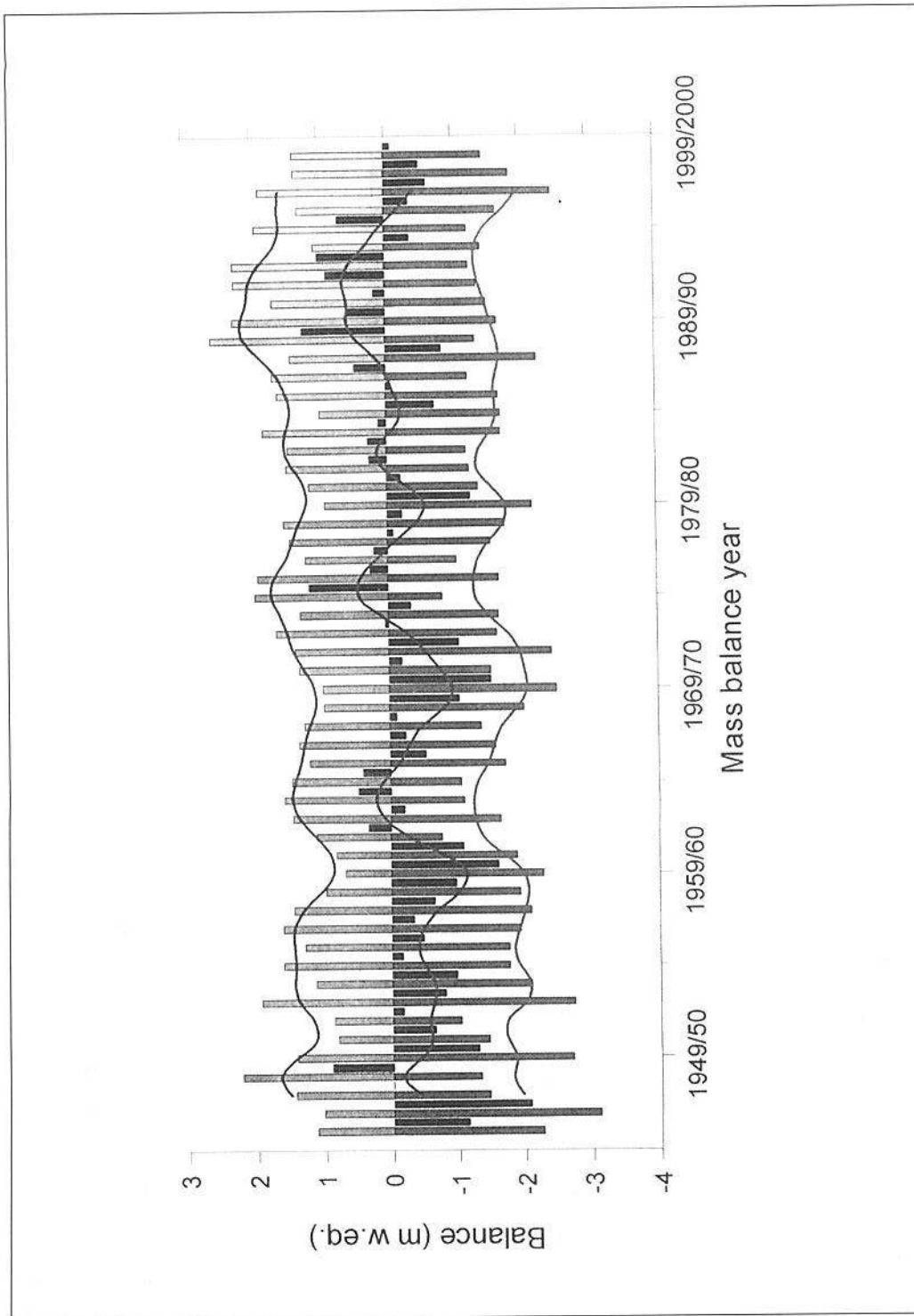


Fig. 1: grafico riassuntivo dei bilanci di massa dello Storglaciären, iniziati nell'inverno 1945/46. Si tratta della serie più lunga al mondo. La scala dell'ordinata è in equivalenti in metri di acqua.

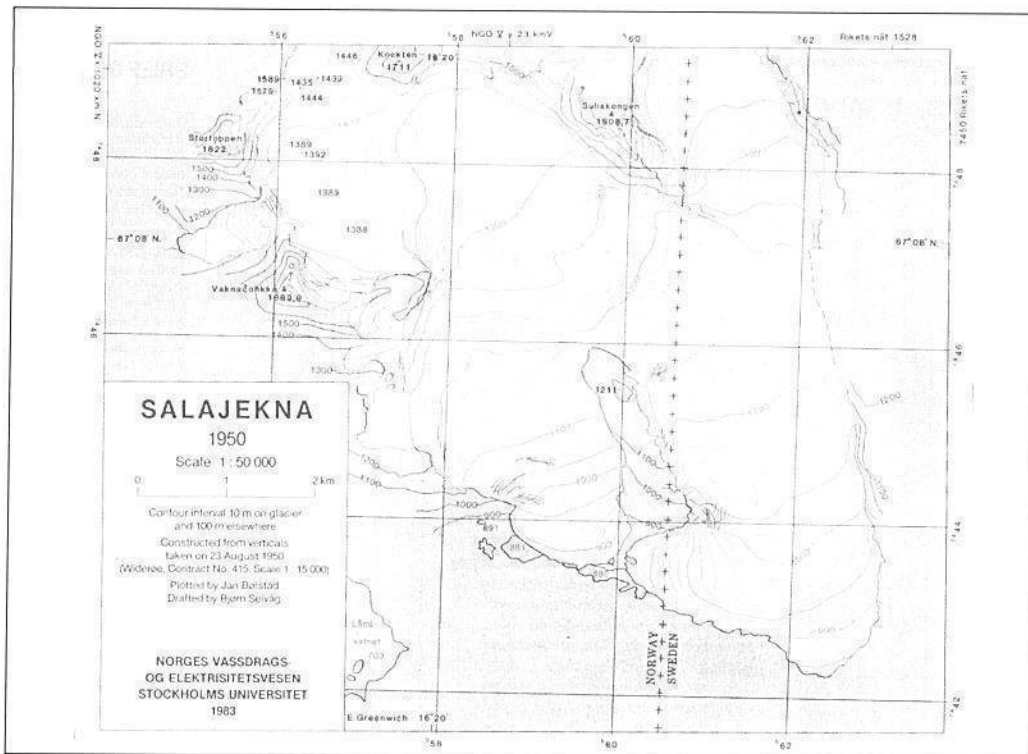


Fig. 2: rilievo cartografico del Ghiacciaio Salajekna eseguito nel 1950 e pubblicato in "Fluctuation of Glaciers 1980-1985" (preparato dal World Glacier Monitoring Service – LAHS (ICSI) – UNEP – UNESCO, 1988).



Foto 1: il Nigardsbreen (Norvegia) e il suo grande lago proglaciale (luglio 1993, S. Zocchetti).

Il principale istituto per gli studi sul bilancio di massa in Svezia è il *Tarfala Research Station* (Università di Stoccolma) e l'istituto parallelo in Norvegia è il già citato *NVE*.

Ghiacciaio	Altitudine (m s.l.m.)	Dimensioni (in km <sup>2</sup> )	Bil. di massa (n. di anni)	Prima documentazione P (foto), Rilievo (S), Carta (M)
<b>PROFILO NORD</b>				
Måraglaciären	1320-1780	4.0	12	P 1914, S 1952, M 1959
Rabots glaciär	1060-1940	4.1	21	P 1883, S 1910, M 1925
Storglaciären	1135-1710	3.1	54	P 1886, S 1897, M 1910
<b>PROFILO CENTRALE</b>				
Pårteglaciären	1050-1850	11.1	3	P 1900, S 1948, M 1960
Salajekna	830-1680	24.0	3	P + S 1807, M 1897
Engabreen	90-1575	38.0	30	P 1883
<b>PROFILO SUD</b>				
Gråsubreen	1700-2260	2.2	38	
Storbreen	1440-2070	5.3	51	P 1908, S 1902, M 1940
Nigardsbreen	295-1950	47.8	38	P 1847, M 1965
Ålfotbreen	850-1380	4.4	37	

Tab. 1: informazioni su una selezione dei ghiacciai monitorati in Scandinavia (Holmlund e Jansson 1999, Östrem et al. 1973, Östrem et al. 1988). I ghiacciai sono in ordine di profilo E-O.

## RISULTATI

I bilanci estivi e invernali dei ghiacciai della direttrice posta più a Nord sono correlati. Questo fatto dimostra che il segnale climatico registrato su ogni ghiacciaio è regionale. I bilanci invernali dei ghiacciai settentrionali mostrano solo un debole trend collegato alla giacitura geografica. Lo Storglaciären registra in genere il bilancio invernale più positivo rispetto a tutti i ghiacciai misurati nel suo gruppo. Ciò può essere spiegato con una combinazione di depositi sottovento a Est del Massiccio del Kebnekaise e con le elevate precipitazioni causate dal sollevarsi delle masse di aria nel momento in cui transitano sul massiccio.

I bilanci estivi dei diversi ghiacciai sono meno variabili tra loro rispetto a quelli invernali. La tendenza transitoria ad accumulo di neve è indice di un aumento generale dell'attività ciclonica. A causa di una predominante direzione del vento verso Ovest, i ghiacciai nella parte occidentale delle montagne svedesi hanno registrato un significativo aumento della massa mentre per i ghiacciai della parte orientale questo non è avvenuto. Poiché non si sono verificate particolari tendenze nella fusione della neve estiva, i ghiacciai occidentali tendono ad avere bilanci di massa positivi o stazionari mentre quelli orientali registrano generalmente bilanci negativi.

L'aumento del grado di continentalità verso Est a seguito della predominante direzione del vento da Ovest e l'effetto della topografia sono visibili lungo il profilo centrale. Le precipitazioni orografiche lungo la costa norvegese e gli effetti del foehn sul versante orientale dello spartiacque provocano differenze sostanziali nel clima locale. Un indice di continentalità (estensione delle temperature medie mensili nell'arco di un anno) mostrano una differenza di 12 gradi tra Bödo e Kvikkjokk, località situate alla stessa latitudine ma tra loro distanti 150 km (Holmlund e Schneider 1997). Le differenze si riflettono anche sulle variazioni della fronte dei ghiacciai vicini. Il ghiacciaio marino di Engabreen ha gradualmente aumentato la propria massa dall'inizio delle misurazioni del bilancio nel 1970 ed è ora in fase di avanzata. Il Ghiacciaio di Salajekna sta ancora adattando la posizione frontale all'aumento di temperatura avvenuto all'inizio del XX secolo, anche se il suo bilancio di massa (sulla base di osservazioni AAR) è stato positivo negli ultimi dieci anni. Nel 1998 sono state iniziate misurazioni dirette e dettagliate di tale bilancio.

Il Ghiacciaio di Pärtejekna, più a Est nella direttrice, è più complicato rispetto agli altri due apparati citati. È un ghiacciaio di tipo subpolare che reagisce lentamente alle variazioni climatiche (Holmlund 1993, Holmlund e Schneider 1997). Il suo bilancio di massa fu osservato per dieci anni utilizzando set di dati diversi ma incompleti e il bilancio netto è stato fortemente negativo in quel periodo, a eccezione degli anni intorno al 1990, quando gli accumuli erano elevati su tutti i ghiacciai scandinavi.

Le misurazioni relative al profilo meridionale vengono interamente effettuate dal NVE e riguardano 6 ghiacciai i cui dati di bilancio di massa superano i 30 anni. Questo impressionante gruppo di misure offre opportunità uniche per lo studio dei parametri climatici e della loro influenza sulla forma e sulla dimensione dei ghiacciai. Nel complesso tutti i ghiacciai hanno reagito positivamente ai tassi elevati di precipitazioni degli inizi degli Anni Novanta. Lo spessore medio del Ghiacciaio di Nigardsbreen è aumentato di più di 10 m nel corso di sette anni. Comunque, dopo il 1995 i ghiacciai marini hanno registrato una situazione di stabilità mentre i ghiacciai continentali hanno perso volume.

## DISCUSSIONE

Lo *LASC*<sup>3</sup> ha sottolineato l'importanza degli studi glaciologici in un contesto circumpolare. Gli studi del *Tarfala* e del *NVE* sono una parte importante di questo progetto. Inoltre lo *LASC* si impegna a collaborare con lo *SCAR*<sup>4</sup> per allargare le prospettive. Uno degli obiettivi di questa collaborazione su larga scala è quello di raccogliere dati utili ed equamente distribuiti a livello geografico, di interpretarli e pubblicarli in breve tempo per agevolare il lavoro degli studiosi dei modelli climatici con le osservazioni più recenti.

Il bilancio di massa dei ghiacciai e le informazioni sulle variazioni delle posizioni frontali dei ghiacciai forniscono buone informazioni del tipo *proxydata* per gli studi sul clima. La reazione del bilancio di massa a una mutazione del clima è immediata, mentre le variazioni frontali sono ritardate e perciò riflettono una recente situazione climatica passata. L'utilizzo dei ghiacciai come indicatori del clima è perciò complementare alle misurazioni convenzionali del clima.

All'interno dello *LASC*, nella veste di argomento-chiave, è stato creato un gruppo di lavoro sulla glaciologia dell'Artico. L'obiettivo di questo sodalizio è quello di avviare programmi scientifici e di cooperazione internazionale tra glaciologi e studiosi di modelli climatici. Le modalità di realizzazione prevedono la promozione di uno scambio effettivo di informazioni sulla glaciologia dell'Artico, compresi i contatti con altre comunità scientifiche, l'organizzazione di simposi e workshop e lo studio di un processo di pianificazione scientifica che porterà a un programma di ricerca sulla glaciologia artica (Jania e Hagen 1997, Dowdeswell et al 1997).

Attualmente, i soli dati del bilancio di massa vengono diffusi ogni due anni sul "Glacier Mass Balance Bulletin" redatto dal "World Glacier monitoring Service" (Haeberli et alii, 1996). Inoltre, gli stessi parametri confluiscono, assieme ai dati delle variazioni frontali e a quelli fisici in "Fluctuations of Glaciers" (Haeberli 1993), che viene pubblicato ogni cinque anni.

## CONCLUSIONI

Il clima nella Scandinavia settentrionale è quasi completamente governato da sistemi di bassa pressione provenienti da occidente, che portano un clima marittimo lungo la costa occidentale della Norvegia e un clima continentale locale nella Svezia centrale, come descritto da

---

<sup>3</sup> International Arctic Science Committee

<sup>4</sup> Scientific Committee of Antarctic Research

Enquist (1916) e da altri. Il forte gradiente climatico Est-Ovest induce, nei ghiacciai situati in zone diverse, a reazioni dissimili.

L'attuale incremento delle precipitazioni in Scandinavia ha provocato un significativo aumento delle masse glaciali, in particolare di quelle poste sul versante occidentale delle catene montuose, fenomeno verificatosi durante il decennio passato. Anche i ghiacciai situati a Est hanno registrato un aumento, seppure assai inferiore, del bilancio invernale.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahlmann, H. W:son. (1953) - *Glacier Variations and Climatic Fluctuations*. Bowman Memorial Lectures, series three. The American Geographical Society, New York, 51 p.
- Dowdeswell, J.A., Hagen, J.O., Björnsson, H., Glazovsky, A.F., Harrison, W.D., Holmlund, P., Jania, J., Koerner, R.M., Lefauconnier, B., Ommanney, C.S.L. and Thomas, R.H. (1997) - *The Mass Balance of Circum-Arctic Glaciers and Recent Climate Change*. Quaternary Research 48: 1-14.
- Elvehøy, H., Haakensen, N., Kennett, M., Kjöllmoen, B., Kohler, J. og Tvede, A.M. (1997) - *Glaciologiske undersøkelser i Norge 1994 og 1995*. Norges Vassdrags- og Energiverk, 197 p.
- Enquist, F. (1916) - *Der Einfluss des Windes auf die Verteilung der Gletscher*. Bulletin of the Geological Institute of Uppsala 14: 1-108.
- Haeblerli, W. (1993) - *Fluctuations of Glaciers 1985-1990* (Vol. VI). A Contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme (IHP). Prepared by the World Glacier Monitoring Service (WGMS). Zürich 1993, 322 p.
- Haeblerli, W. Hoelzle, M. and Suter, S. (1996) - *Glacier Mass Balance Bulletin*. Bulletin no. 4 (1994-1995). A Contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme. Compiled by the World Glacier Monitoring Service. IAHS(ICSJ)-UNEP-UNESCO, 90 p.
- Hagen, J.O., and Liestöl, O., (1990) - *Long term glacier mass balance investigations in Svalbard 1950-1988*. Annals of Glaciology 14: 102-106.
- Hamberg, A. (1910) - *Die Gletscher des Sarekgebirges und ihre Untersuchung*. In: Die Gletscher Schwedens im Jahre 1908. Sveriges geologiska undersökning (SGU) Ca 5, III: 1-26.
- Hamberg, A., Rabot, C. and Mercanton, P.L. (1930) - *Rapport de la Commission des glaciers*. U.G.G.I. Section d'Hydrologie Scientifique. Bull. No 14, Venezia: 1-53.
- Hoel, A., Werenskiold, W. (1962) - *Glaciers and Snowfields in Norway*. Norsk Polarinstitutt Skrifter 114, p. 1-291.
- Holmlund, P. (1993) - *Surveys of Post Little Ice Age Glacier Fluctuations in Northern Sweden*. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 29 (1): 1-13.
- Holmlund, P. (1995) - *Mass Balance Studies in Northern Sweden*. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 31: 105-114.
- Holmlund, P., Jansson, P. (1999) - *The Tarfala Mass Balance Programme*. Geografiska Annaler 81A (4): 621-631.
- Holmlund, P. & Schneider, T. (1997) - *The Effect of Continentality on Glacier Response and Mass Balance*. Annals of Glaciology 24: 272-276.
- Jania, J. and Hagen, J.O. (1997) - *Report on Mass Balance of Arctic Glaciers*. International Arctic Science Committee Report, 50 p.
- Knudsen, N.T. and Haakensen, N. (1998) - *Austre Okstindbreen (155.aG)* in: Glaciologiske undersøkelser i Norge 1996 og 1997. NVE Rapport no. 20: 95-101.
- Liestöl, O. (1967) - *Storbreen Glacier in Jotunheimen, Norway*. Norsk Polarinstitutt Skrifter, 41. 63 p.
- Östrem, G., Haakonsen, N., and Melander, O. (1973) - *Atlas over Breer i Nordskandinavia*. (Glacier atlas of Northern Scandinavia) Meddelande no 46 from the Department of Physical Geography, Stockholm University, 315 p.
- Östrem, G., Dale Selvig, K. And Tandberg, K. (1988) - *Atlas of Glaciers in south Norway*. Meddelse nr. 61 fra Hydrologisk avdeling (ISBN 82-410-0025-1), 180 p.
- Öyen, P.A. (1908) - *Bidrag til braeernes glacialgeologi*. Nyt magasin for Naturvidenskap, 46: 301-379.
- Svenonius, F. (1910) - *Studien über den Kärso- und die Kebnegletscher nebst Notizen über andere Gletscher im Jukkasjärvigebirge*. In: Die Gletscher Schwedens im Jahre 1908. Sveriges geologiska undersökning (SGU), Ca 5, I:1-54.
- Schytt, V. (1947) - *Glaciologiska arbeten i Kebnekaise*. Ymer 67 (1): 18-42.
- Werenskiold, W. (1949) - *Glacier Measurements in the Jotunheim*. Geografiska Annaler, 31 (1-2): 292-294.

## ABSTRACT

I ghiacciai scandinavi hanno reagito in modo diverso ai cambiamenti attuali a causa del forte gradiente climatico Est-Ovest e agli effetti climatici locali. Negli Anni Ottanta e nei primi Anni Novanta, in modo particolare nella parte occidentale delle catene montuose scandinave, essi hanno registrato un forte aumento delle masse a seguito di un aumento delle precipitazioni. Su questo versante i ghiacciai stanno crescendo in modo significativo, mentre quelli del versante orientale della catena montuosa non hanno visto aumentare la propria massa nell'ultimo decennio, in quanto questa è legata all'andamento delle temperature estive, che sono rimaste invariate. Nella seconda metà degli Anni Novanta si è registrata una situazione stazionaria sul versante occidentale e un bilancio negativo su quello orientale. Le misurazioni del bilancio di massa dei ghiacciai scandinavi sono sostanzialmente disposte su direttrici Est-Ovest; una nella Norvegia meridionale e due nella Scandinavia settentrionale. Questo documento riassume i dati raccolti per le direttrici suddette.

Parole-chiave: *ghiacciai scandinavi; bilancio di massa*

Due to the strong east-west climatic gradient and to local climatic effects, Scandinavian glaciers have reacted differently on present changes. The late 1980s and early 1990s gave a large mass gain to the glaciers, especially in the western part of the Scandinavian mountain range, as a consequence of an increased rate of precipitation. On this side glaciers are growing significantly while glaciers on the east side of the mountain range have not increased their mass during the last decade, as their mass basically is governed by summer temperatures, which have not changed. The second half of the 1990s gave a balanced state in the west and negative balances in the east. The Scandinavian glacier mass balance measurements are basically arranged in east west transects; one in southern Norway and two in northern Scandinavia. This paper summarises data from these transects.

Key-words: *Scandinavian glaciers; mass balance*

On peut observer des réactions différentes chez les glaciers scandinaves face aux changements actuels. La cause est le fort gradient du climat Est-Ouest et les effets du climat local. Pendant les années Quatre-vingt et Quatre-vingt-dix, en particulier dans le secteur ouest des chaînes montagneuses scandinaves, ces glaciers ont fait enregistrer une forte augmentation de leur masse grâce aux précipitations en progression. Sur ce versant les glaciers sont en progression significative, tandis que ceux du versant oriental n'ont pas eu une augmentation de leur masse pendant les derniers dix ans, car elle reste liée aux températures d'été, qui n'ont pas du tout changées. Pendant la deuxième moitié des années Quatre-vingt-dix on peut observer une situation stationnaire sur le versant ouest et un bilan négatif sur celui à l'est. Les mesures du bilan de masse des glaciers scandinaves sont disposées sur des lignes directrices est-ouest, dont la première en Norvège du sud et les deux autres en Scandinavie du nord. Ce document comprend les données des ces lignes directrices.

Mots clés: *glaciers scandinaves, bilan de masse*

Wegen des starken Ost-West Klimagradienten und der lokalen klimatischen Wirkungen haben die skandinavischen Gletscher auf die gegenwärtigen Änderungen auf verschiedenen Weisen reagiert. In den 80er Jahren und in den früh 90er Jahren verzeichneten sie eine starke Massenvergrößerung infolge einer Niederschlagszunahme insbesondere auf dem westlichen Teil der skandinavischen Gebirgskette. Auf diesem Hang vergrößerten sich die Gletscher beträchtlich, während diejenige auf dem östlichen Hang der Gebirgskette keine Massenvergrößerung in dem vergangenen Jahrzehnten verzeichneten, weil diese mit dem Ablauf der Sommertemperaturen, die unverändert blieben, verbunden waren. In der zweiten Hälfte der 90er Jahren bemerkte man eine unveränderliche Situation auf dem westlichen Hang und eine negative Bilanz auf dem östlichen Hang. Die Vermessung der Massenbilanz der skandinavischen Gletscher sind wesentlich auf Ost-West Leitlinien angeordnet; eine in Südnorwegen und zwei in Nordnorwegen. Dieser Bericht zusammenfasst die gesammelten Daten für die obengenannten Leitlinien.

Schlüsselwörter: *skandinavische Gletscher; Massenbilanz*



## GLACIERS IN SCANDINAVIA

### Introduction

In studies concerning glaciers and climate, mass balance issues are in focus. Glacier mass balance measurements include several different but complementary approaches such as measurements of; geometry changes, mass balance parameters (accumulation, ablation and net balance), dynamic changes, and changes due to past climatic changes. In this paper attention is paid to glacier mass balance records based on field measurements.

In order to broaden the perspective of mass balance measurements conducted in Scandinavia similar studies are performed simultaneously, around the Arctic ocean. In this larger context our mass balance records become important information to climate modellers and other climate studies. Within the scope of IASC-MAGICS data will be compiled with data from the entire Arctic region. The questions raised are whether or not we can detect climatic changes and trends in glacier mass balance in the Arctic, and what impact these future changes will have on climate and sea level. There are close to 1900 glaciers in Scandinavia of which 84% are in Norway (Östrem et al 1973). The total glaciated area is approximately 3000 km<sup>2</sup>. According to climatic models, the influence of future increased greenhouse warming is believed to be most prominent at high latitudes, such as in Scandinavia. Increased temperature will most likely have a negative effect on glacier sizes because of an increased ablation, but it may also provide increased amounts of moisture in the atmosphere. If this happens during winter the results may be higher precipitation rates and hence larger snow accumulation, and maybe growing glaciers. In order to interpret climatic changes correctly, and to separate natural changes from anthropogenic, long proxy climate records, such as glacier mass balance, are of vital importance. In this paper I will present the glacier mass balance programmes presently run in Scandinavia.

### Background

#### *Sweden*

The first compilation of data on Swedish glaciers was prepared for the International Geological Congress, held in Stockholm in 1910 (Hamberg 1910, Svenonius 1910). The compilation was named "Die Gletscher Schwedens im Jahre 1908". It includes front position data, velocity measurements, maps and photographs. Svenonius made surveys and observations on glaciers between 1884 and about 1910. The glaciers of his interest were situated in the Kebnekaise area with special attention to Kårsaglaciären (Svenonius 1910). Hamberg made successive observations of glaciers in the Sarek region between 1895 and 1918 (Hamberg et al. 1930).

In the 1920s and 1930s Hans W:son Ahlmann studied the record of temperature increase for the beginning of this century and the corresponding thinning of glaciers in northern Scandinavia, Iceland, Greenland and on Svalbard (Ahlmann 1953). One result of his scientific efforts is the mass balance record of Storglaciären which was initiated by Valter Schytt. The field surveys on Storglaciären started in May 1946, giving the 1945/46 winter balance (Schytt 1947, Holmlund and Jansson 1999). The mass balance record is still running, and is today the longest glacier mass balance record in the world (Fig 2). From 1981 until today a number of glaciers have been studied, either as part of the long term monitoring programme or as shorter time-span studies (Holmlund 1993, 1995, Holmlund and Jansson 1999). The current mass balance programme consists of eight glaciers; Kårsaglaciären, Mårmaglaciären, Rabots glaciär, Pärteglaciären, Riukojietna, Salajekna, Storglaciären, and Tarfalaglaciären (Fig. 2).

#### *Norway*

The first measurements on Norwegian glaciers were carried out during the 1890s by Öyen (1908) in the Jotunheim area. These sites included Storbreen and were re-measured by Werenskiöld in successive years from 1933 (Werenskiöld 1949, Hoel and Werenskiöld 1962) and later repeated by others. In 1949 the mass balance measurements began at Storbreen by Liestøl (1967).

In the beginning of the 1960s several glaciers in southern Norway were included in a mass balance programme to provide run off data to the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE). These glaciers were Alftobreen, Nigardsbreen, Hellstugubreen, Gråsubreen, Hardangerjøkulen and the previously started mass balance programme at Storbreen. Engabreen in northern Norway was in 1970 included into the programme.

Presently mass balance studies are carried out by NVE on 11 glaciers in Norway (Elvehøy et al. 1997). In addition mass balance measurements have been carried out on Austre Okstindabreen by University of Aarhus since 1986 (Knudsen 1999). In 1966 Liestøl began mass balance measurements on Austre Brøggerbreen and Midtre Lovénbreen on Svalbard (Hagen and Liestøl 1990), and in 1986 this programme was extended by another glacier, Kongsvegenbreen. The Norwegian Svalbard mass balance programme is organised and led by Norsk Polarinstitut.

### Present organisation

The measurements on Storglaciären are made in extreme detail so that the glacier can be used as a reference against which other glaciers with fewer measuring points are checked. The aim of the Tarfala Research Station mass balance programme is to evaluate how climate gradients through the Scandinavian mountain chain are coupled to the thermal and dynamic characteristics of glaciers and how changes in these gradients will affect the glaciers.

The main objective for studying a large number of glaciers is to establish gradients in climatological and mass balance parameters and the links between these parameters in the Scandinavian mountain chain. Three profiles have been chosen (Table 1). The northernmost profile at about 68°N comprises (from E to W) Mårmaglaciären, Storglaciären,



Riukojetna and occasionally Storsteinsfjellbreen in Norway. The center profile, situated just north of the Arctic Circle, comprises Parteglaciären, Salajekna and Engabreen. The southernmost profile at 61-62°N comprises (from E to W) Gräsubreen, Hellstugubreen, Storbreen, Austerdalsbreen, Nigardsbreen, Jostefönn and Alftobreen. All three profiles include continental to intermediate glaciers while the northernmost profile lacks a maritime glacier (Table 1).

The main agency for mass balance studies in Sweden is Tarfala Research Station (Stockholm University) and the corresponding agency in Norway is Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE).

## Results

Both winter and summer balances of the glaciers in the northernmost transect are correlated. This shows that the climate signal recorded on each glacier is a regional signal. The winter balances from the northern glaciers show only a weak geographical trend. Storglaciären generally has the largest winter balance of all glaciers measured in the northern transect. This can be explained by a combination of leeward deposition to the east of the Kebnekaise massif and elevated precipitation from heaving of air masses as they pass the massif.

The summer balances of the different glaciers are less variable between glaciers than the winter balances. The temporal trend in snow accumulation indicates a general increase in cyclonic activity. Due to the dominating westerly wind direction, glaciers in the western part of the Swedish mountain have gained significantly in mass while the glaciers in the eastern part have not. As there has been no significant trend in summer melt, the western glaciers tend to have a balanced or a positive mass balance whereas the eastern glaciers generally have a negative balance.

The increase in degree of continentality towards the east as a consequence of the dominant wind direction from the west and the effect of topography is apparent along the center profile. Orographic precipitation along the Norwegian coast and foehn effects on the east side of the water divide cause significant differences in local climate. A continentality index (amplitude of the monthly mean temperatures over a year) shows a difference of 12 degrees between Bodö and Kvikkjøkk, situated 150 km apart at a similar latitude (Holmlund and Schneider 1997). The differences are also mirrored in the frontal change records of the nearby glaciers. The maritime Engabreen has gradually gained mass since the initiation of the mass balance measurements in 1970 and the glacier is now advancing. Salajekna is still adjusting its front position to the early 20th century temperature rise, though its mass balance probably (based on AAR observations) has been positive for the last 10 years. Detailed mass balance measurements were initiated in 1998.

Pärtejekna, further east on the transect, is more complicated than the other two glaciers. It is a sub-polar type of glacier which is responding slowly to climatic changes (Holmlund 1993, Holmlund and Schneider 1997). Its mass balance has been observed for ten years using different, though incomplete data sets and the net balance has been strongly negative over the period except for the years around 1990, when accumulation rates were high on all glaciers in Scandinavia. The measurements along the southernmost profile are entirely conducted by NVE and consists of six glacier with mass balance record exceeding 30 years. This impressive set of data provides unique possibilities to study how different climate parameters influence the shape and size of glaciers. All glaciers responded positively in mass on the high precipitation rates in the beginning of the 1990s. Nigardsbreen grew more than 10 metres in average thickness over a seven year period. However, during the second half of the 1990s the maritime glaciers have had a stable state whilst the continental glaciers have lost mass.

## Discussion

International Arctic Science Committee (IASC) has stressed the special importance of glaciological studies in a circum polar concept. The Tarfala and the NVE studies are important parts of this work. In addition IASC strives to collaborate with the Scientific Committee of Antarctic Research (SCAR) to extend the perspective. One aim of these large scale collaborations is to collect good, and geographically evenly distributed data, interpret them and publish them with very short time lag to facilitate climate modellers with the most recent data.

Glacier mass balance and information on variations in glacier front positions provide good proxy information for climate studies. The response of mass balance to a change in climate is immediate, while frontal changes are delayed and hence reflect a recent past climatic situation. The use of glaciers as climatic indicators is thus a complement to conventional climatic measurements. Within the International Arctic Science Committee (IASC) a working group on Arctic glaciology has been implemented as one key issue for the Committee. The aim of the working group is to initiate scientific programmes and international co-operation between glaciologists and climate modellers. This will be done by promoting effective information exchange in Arctic glaciology including contacts with other scientific communities; initiating symposia and workshops and initiating a scientific planning process leading to an Arctic glaciological research programme (Jania and Hagen 1997, Dowdeswell et al 1997).

At present, data on mass balance is reported every second year to "Glacier Mass Balance Bulletin" compiled by the "World Glacier Monitoring Service" (Haeberli et al 1996). In addition, data on mass balance, changes in front positions and physical data are reported every fifth year to the "Fluctuations of Glaciers" (Haeberli 1993).

## Conclusions

The climate in northern Scandinavia is almost entirely governed by low pressure systems from the west, giving a maritime climate along the west coast of Norway and a local continental climate in central Sweden, as has been described by Enquist (1916) and others. The strong east-west climatic gradient lead to different responses of glaciers in different areas. The present increased precipitation rates in Scandinavia have caused a significant glacial mass gain. Especially glaciers on the west side of the mountain range have experienced a major mass contribution during the last ten years. East lying glaciers have also experienced an increase in winter balance though much less prominent.

## LA SITUAZIONE DEL GLACIALISMO IN VAL MARTELLO (ORTLES – CEVEDALE) NEL 1999

*Revisione del catasto dei ghiacciai a venti anni dalla compilazione del W.G.I. (1980)*

### 1 - I GHIACCIAI DELLA VAL MARTELLO

Oltre alle sue indubbie, peculiari caratteristiche ambientali, che ne fanno una delle più belle valli dell'Alto Adige, la Val Martello assume anche un notevole interesse dal punto di vista glaciologico. Vi si riscontra, infatti, la presenza di numerosi corpi glaciali di diversa forma e dimensione, dagli estesi ghiacciai vallivi fino ai più piccoli glacionevati e a strutture particolari come i *rock glaciers*.

Il suo asse maggiore, rappresentato dal corso del Rio Plima e disposto prevalentemente in senso SW/NE, causa una notevole dissimmetria della copertura glaciale tra i due versanti idrografici: quello sinistro, esposto a Sud, è attualmente quasi privo di apparati glaciali pur vantando cime di quota superiore ai 3400 m, mentre quello destro ospita numerosi ghiacciai, anche di notevoli dimensioni (Fig. 1). Procedendo in senso orario, possiamo considerare la massiccia mole dell'Orecchia di Lepre (3257 m) come l'inizio della parte alta della valle: proprio sul versante settentrionale di questa montagna è ubicata la prima delle 40 unità glaciali censite dal World Glacier Inventory con riferimento alla situazione del 1980.

La linea di cresta, mantenendosi quasi costantemente al di sopra dei 3000 m, si sviluppa poi fino a culminare, in questo settore, con la Cima del Gioveretto (3440 m), una montagna con un buon grado di glacializzazione (due ghiacciai di medie dimensioni). Da questa cima inizia la parte più interessante della valle, sia per il numero sia per l'estensione di ghiacciai in essa ospitati: le colate si susseguono lungo l'intero versante, che si snoda per circa 15 chilometri fino a culminare nella vetta della *Zufall*, nome tedesco della seconda cima del Monte Cevedale<sup>1</sup>, una piramide bianca che con i suoi 3757 metri rappresenta la massima elevazione della Val Martello. Da questa montagna, elevata ma dalle forme tranquille, scendono quattro grandi lingue che, pur classificate come unità a se stanti, in realtà formano, assieme alle altre colate lombarde e trentine, un unico complesso glaciale, così esteso da fare del Monte Cevedale una tra le vette più glacializzate dell'intero Arco Alpino.

Dalla cresta del Cevedale la displuviale attraversa un vasto pianoro ghiacciato, a tratti debordante verso la lombarda Val Cedèc, che costituisce la testata vera e propria della Val Martello. Qui si origina la lingua della Vedretta Lunga, dalla cui fronte nasce il Rio Plima. Il Passo del Lago Gelato, con i suoi 3139 m di quota, costituisce il tratto più depresso dello spartiacque e, per la sua posizione, può essere considerato il punto di demarcazione geografica tra i due citati versanti idrografici della valle. Da questo valico, molto frequentato, la cresta prosegue, toccando una ininterrotta serie di cime di quota compresa tra i 3300 e 3400 m, fino alla bella e isolata Punta di Lasa (3306 m) che non ospita alcun glacionevato sul versante tributario del rio Plima: l'ultima piccola massa glaciale della valle giace infatti nel piccolo circo sommitale della Punta Sluder.

Vista l'ampia superficie glacializzata, nonché la lunga tradizione di osservazioni di cui sono stati oggetto molti dei suoi ghiacciai, la Val Martello si presta, meglio di altre, a essere scelta come sito-campione per una revisione attuale del catasto realizzato negli Anni Ottanta nell'ambito del progetto del World Glacier Inventory<sup>2</sup> (W.G.I.).

<sup>1</sup> La Cima principale, di 3776 m, appartiene ai versanti della Valfurva, in Lombardia, e della Valle di Pejo, in Trentino.

<sup>2</sup> Secondo un programma predisposto e finanziato dalla Provincia Autonoma di Bolzano – Ufficio idrografico.

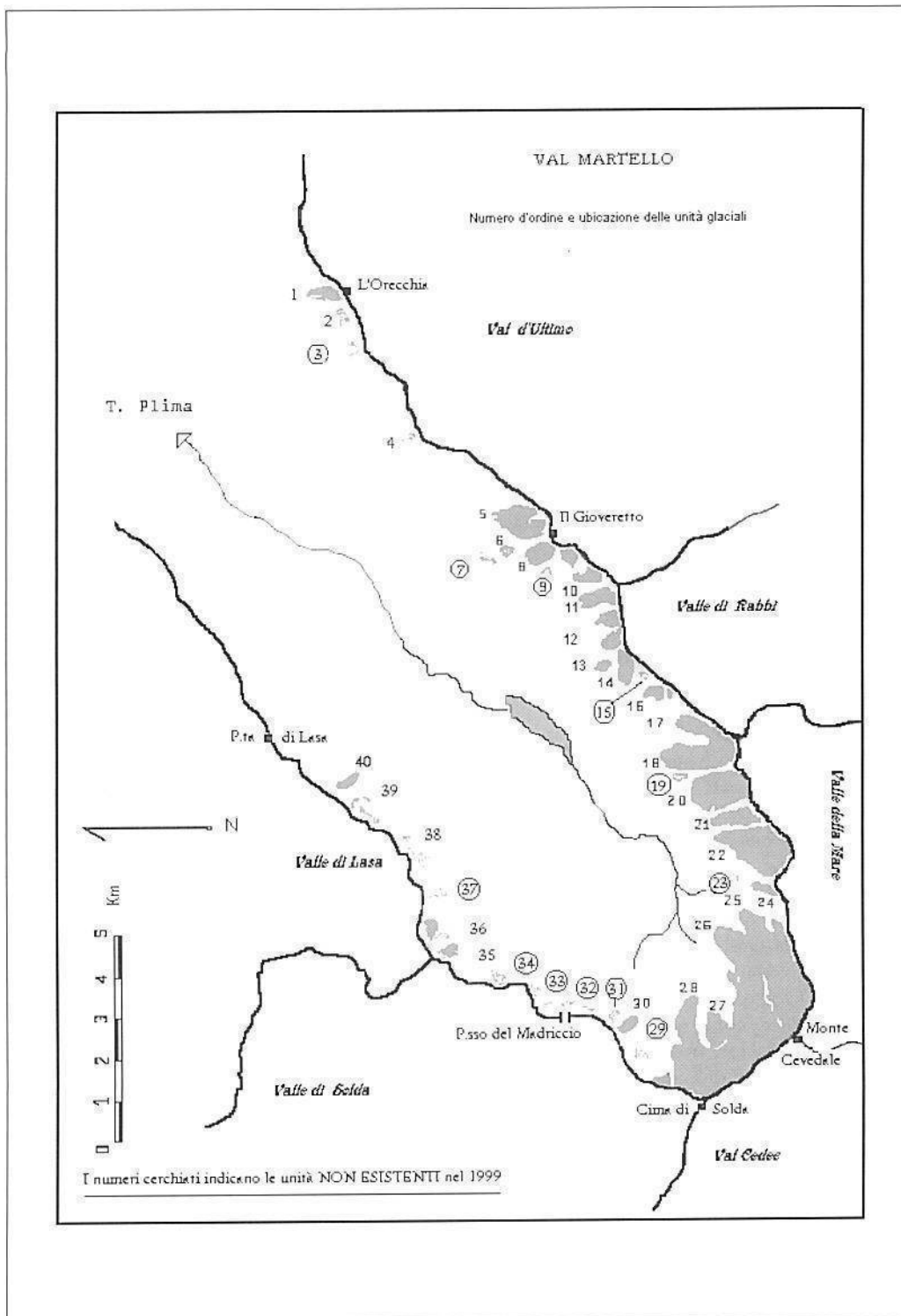


fig. 1: ubicazione delle unità glaciali in Val Martello.

## 2 – MATERIALI E METODI

Uno dei meriti del W.G.I., progetto mondiale per l'inventario di tutti i ghiacciai della Terra, fu quello di introdurre notevoli innovazioni normative e una conseguente maggiore caratterizzazione scientifica rispetto al passato: i metodi e i parametri proposti a livello globale furono adattati alle necessità dell'area alpina, in accordo con i ricercatori delle altre nazioni interessate. A partire dal 1980 fu così portato a termine il nuovo catasto di tutti i ghiacciai italiani.

A venti anni di distanza dall'esperienza del W.G.I., si è proceduto, nell'ambito delle attività del SGAA<sup>3</sup>, a una nuova raccolta di dati sullo stato dei ghiacciai della Val Martello. A tale scopo, nel mese di settembre 1999, è stata realizzata una serie di rilievi, sia aerei che terrestri: le condizioni meteorologiche e di innevamento molto favorevoli hanno consentito di documentare in modo completo ed esauriente le effettive condizioni attuali di tutte le masse glaciali presenti nella valle. I dati così ottenuti, opportunamente interpretati e analizzati, sono stati riportati sulla carta topografica: da questa sono stati ricavati tutti i parametri morfometrici, successivamente organizzati in schede, grafici e tabelle.

Per tutte queste operazioni sono state adottate le procedure del Catasto Internazionale, in modo da rendere attendibile e scientificamente corretto il confronto tra le due situazioni. L'unica sostanziale differenza tra le due compilazioni riguarda la base cartografica utilizzata: il rilievo al 25.000 IGM per il W.G.I. e la carta tecnica della Provincia Autonoma di Bolzano in scala 10.000 per il lavoro del 1999. Avendo operato su una cartografia di maggior dettaglio e anche più aggiornata, è possibile che la trascrizione dei parametri morfometrici e la loro lettura, interpretazione e calcolo risultino caratterizzati da un maggiore grado di precisione rispetto ai dati precedenti.

Riguardo ai criteri di inventariazione degli apparati, si è deciso di mantenere quelli del W.G.I., anche se in qualche caso era forse più opportuna una loro sostanziale modifica a causa dei radicali cambiamenti intervenuti negli ultimi anni. Ci si riferisce ai ghiacciai che si sono smembrati in più parti, ognuna delle quali più correttamente dovrebbe essere considerata come unità a sé stante. Si pensi, ad esempio, ai ghiacciai del Pozzo e di Peder di Mezzo, considerati unitari nel Catasto del Comitato Glaciologico Italiano e nel W.G.I.: attualmente essi sono suddivisi in frazioni indipendenti. Per il Ghiacciaio del Pozzo una di esse è addirittura scomparsa.

E' risultato inoltre opportuno utilizzare la classificazione proposta dal Servizio Glaciologico Lombardo<sup>4</sup>, con le sole variazioni consistenti nell'introduzione, tra le tipologie considerate, del *rock glacier* e nella sostituzione del termine "estinto" con "non esistente".

Per ogni apparato, anche per quelli scomparsi, è stata approntata una scheda nella quale sono stati riportati tutti i dati, accompagnati da una breve descrizione utile a comprendere meglio le condizioni attuali. Per i ghiacciai di maggiori dimensioni sono stati costruiti i grafici relativi alle superfici attuali (curva ipsografica) e i diagrammi di confronto tra le aree glacializzate attuali e quelle del 1980 (questi ultimi sono stati qui omessi per motivi di spazio).

Le quaranta schede sono riportate seguendo la numerazione del W.G.I., in modo da agevolare un più approfondito confronto.

Per quanto attiene all'aspetto economico, parametro tutt'altro che trascurabile, va sottolineata l'importanza, ai fini dell'abbattimento dei costi dei monitoraggi glaciali, della partecipazione e dell'impegno di operatori volontari quali quelli del SGAA e di altre associazioni similari, operanti in aree limitrofe (Lombardia e Trentino).

<sup>3</sup> Servizio Glaciologico della sezione del CAI dell'Alto Adige.

<sup>4</sup> Galluccio A., Catasta G., Bonardi L., Righetti F., (1994) *Una nuova classificazione per i ghiacciai alpini. La proposta del Servizio Glaciologico Lombardo*. Neve e Valanghe, n° 22, AINIEVA, Trento.

### 3 - IL CONFRONTO CON IL WORLD GLACIER INVENTORY

La maggior difficoltà che si incontra nello studio dell'evoluzione del glacialismo risiede nell'ardua conciliazione tra rapidità, bontà del risultato tecnico e costi, in quanto applicati a un ambiente, come quello alpino, caratterizzato da una mutabilità climatica accentuata. Da quest'ultima deriva l'estrema labilità di alcuni caratteri specifici della materia in esame, quali neve, nevato e ghiaccio, che appaiono come elementi soggetti a grandi variazioni, sotto il profilo qualitativo e quantitativo, anche nel breve periodo. In questi anni si aggiunge la variabile supplementare del sensibile cambiamento climatico in atto, capace di causare una rapida e consistente modificazione del paesaggio glaciale e periglaciale. Tale stato di cose pone dunque la necessità di eseguire con celerità ed efficacia un monitoraggio ambientale che sia in grado di controllare l'evoluzione non solo dei parametri stagionali, come l'innnevamento residuo (limite della neve vecchia o del nevato), ma anche di quelli più stabili come la superficie, il volume, la variazione frontale, la copertura morenica.

L'analisi comparata dei dati raccolti per il W.G.I. e di quelli del 1999, va detto preliminarmente, assume una duplice valenza: fornisce la consistenza attuale della copertura glaciale della Val Martello e contribuisce a una valutazione dei cambiamenti intervenuti in questi ultimi venti anni.

Inoltre, emerge subito il forte contrasto, per molti versi utile, tra le due situazioni oggetto di studio, che presentano in effetti caratteristiche opposte: la prima, riferita agli inizi degli Anni Ottanta, nella quale il glacialismo attraversava una fase di consistente progresso, la seconda, quella attuale, in cui le condizioni sono quelle di una rapida ed intensa deglaciazione.

Proprio questo confronto mette in evidenza aspetti sicuramente interessanti, a cominciare dall'intensa riduzione subita da tutti gli apparati, se pure in misura diversa (Tab. 1 e Fig. 2). Sono inoltre possibili altre considerazioni inerenti le modalità e le dinamiche che hanno portato all'attuale situazione. Un primo indicatore locale, assai peculiare, è quello connesso alla citata opposta esposizione dei due versanti della valle che, come era logico aspettarsi, ha comportato variazioni delle masse glaciali assai diverse: sul versante sinistro, infatti, i ghiacciai sono quasi del tutto scomparsi, mentre, dall'altra parte, essi mostrano una contrazione che sembra possa essere correlata al fattore dimensionale.

Si è poi potuto constatare che, soprattutto per i ghiacciai più estesi, la riduzione complessiva di volume si è verificata in modo uniforme sull'intera superficie, coinvolgendo non solo le fasce altimetriche più basse ma anche, e in maniera sensibile, quelle più elevate. Le scarse differenze tra i valori dell'altitudine mediana dei primi Anni Ottanta e quelli attuali potrebbero costituire una prova analitica di questo fatto.

Un ulteriore aspetto significativo riguarda i valori dell'AAR<sup>5</sup>, enormemente diversi nella situazione attuale rispetto a quella del 1980 (Tab. 2). Poiché questo rapporto è direttamente legato al limite del nevato (o della neve vecchia), dalla sua analisi risulta in maniera netta e precisa come i ghiacciai si trovino attualmente in una condizione di forte disequilibrio in senso negativo. Sono, cioè, troppo estesi altimetricamente rispetto alla loro capacità di alimentazione, con la conseguenza di una inevitabile e consistente riduzione sia volumetrica che areale al fine di recuperare la stabilità rispetto a una quota ideale determinata dalle odierne condizioni climatiche.

Per alcune unità è stato riportato un valore di AAR uguale a 0, con l'intenzione proprio di evidenziare sia la totale mancanza di innnevamento residuo sia una condizione di assoluta incompatibilità ambientale. Riguardo alla identificazione del bacino collettore, si è osservato che, nel 1999, nelle arce di accumulo il materiale residuo era prevalentemente costituito da neve vecchia e non da nevato. Da questo fatto si può dedurre che nelle stagioni precedenti si sono avuti bilanci annuali ancor più negativi rispetto a quelli attuali.

<sup>5</sup> Accumulation Area Ratio: si tratta del rapporto percentuale tra l'area di accumulo e l'area totale, un parametro fondamentale per la valutazione del bilancio di massa del ghiacciaio.



Naturalmente queste considerazioni trovano una conferma evidente nella reale condizione in cui sono stati osservati tutti i corpi glaciali della valle, fortemente sfavorevole al glacialismo, che reca in sé anche la tendenza a un aggravamento futuro. La sopravvivenza stessa dei ghiacciai, anche di quelli più grandi, sembra infatti oggi notevolmente compromessa.

Risulta pertanto quanto mai opportuno seguire attentamente questa involuzione del glacialismo atesino, utilizzando analisi più approfondite, possibilmente estese anche ai parametri climatologici, e comunque tutte quelle risorse tecniche, logistiche ed economiche che siano adeguate all'importanza del fenomeno.

## ABSTRACT

A venti anni di distanza dalla compilazione del World Glacier Inventory è stata effettuata una campagna di osservazioni e misure al fine di determinare le variazioni dei ghiacciai della Val Martello (Alto Adige) intervenute in questo periodo di tempo. Nel 1980 erano state rilevate complessivamente 40 unità: nel 1999, 12 sono risultate non più esistenti mentre tutti gli altri ghiacciai e glacionevati hanno evidenziato una forte riduzione di area e di spessore, soprattutto sul versante sinistro idrografico della Valle, esposto a Sud. La variazione totale della superficie per il periodo 1980 – 1999 è stata di circa 6,3 Km<sup>2</sup>, pari al 28,9 % della superficie totale del 1980. Sono stati osservati alcuni interessanti rock glaciers, anche di grandi dimensioni. Il limite della neve vecchia è stato misurato mediamente a 3200 metri di quota sul versante destro idrografico; inesistente sul versante sinistro.

Parole-chiave: *Val Martello (Alto Adige), snow-line, rock glacier*

After twenty years from the compilation of the World Glaciers Inventory, a monitoring and measurement campaign has been carried out to determine the glaciers' variations in Val Martello (Alto Adige) which occurred in this period of time. In 1980 40 units were identified: in 1999, 12 were no longer existing while all the other glaciers and snow fields registered a strong decrease in surface and thickness, above all on the left hydrographic slope of the valley facing south. The total surface variation between 1980 and 1999 was about 6.3 km<sup>2</sup>, equal to 28.9% of the total surface in 1980. Some interesting rock glaciers, some of them even of large dimensions, were noticed. The limit of the old snow was measured on average at 3200m of height on the right hydrographic slope, while no limit existed on the left slope.

Key words: *Val Martello (Alto Adige), snow-line, rock glacier*

Après vingt ans de la compilation du *World Glacier Inventory*, on a réalisé une campagne d'observations et de mesures, pour vérifier les variations des glaciers de la Valle Martello (Alto Adige) pendant cette période. En 1980 on avait observé et enregistré 40 glaciers: en 1999, 12 glaciers étaient disparus, tandis que les autres glaciers et nèvé ont montré une forte réduction de leur surface et de leur épaisseur, surtout sur le versant gauche hydrographique de la vallée, exposé à Sud. La variation totale de la surface pendant la période 1980-1999 a été de 6,3 kilomètres carrés, qui correspond à 28,9% de la surface totale du 1980. On a observé de grands et importants *rock glaciers*. La neige vieille se trouve à 3200 m d'altitude sur le versant droit hydrographique, tandis qu'elle n'existe point sur le versant à gauche.

Mots clés: *Val Martello (Alto-Adige), snow-line, rock glacier*

Zwanzig Jahre nach der Verfassung von World Glacier Inventory hat man eine Monitoring- und Vermessungskampagne durchgeführt, um die Gletscheränderungen in Val Martello (Südtirol), die in diesem Zeitraum geschehen sind, zu bestimmen. 1980 hatte man insgesamt 40 Einheiten festgestellt: 1999 bestanden 12 Einheiten nicht mehr und die anderen Gletscher und Glacieres erlebten eine starke Verminderung der Oberfläche und der Stärke, vor allem auf dem links hydrographischen Hang des Tals, der südlich gelegen ist. Die gesamte Änderung der Oberfläche im Zeitraum 1980-1999 war ungefähr 6,3 km<sup>2</sup>, d.h. 28,9% der gesamten Oberfläche im Jahr 1980. Man hat auch einige interessanten, sogar großen, Rockgletscher bemerkt. Die Grenze der alten Schnee war durchschnittlich an 3200m auf dem rechts hydrographischen Hang, während keine auf dem linken Hang existierte.

Schlüsselwörter: *Val Martello (Südtirol), Snow-line, Rockgletscher*

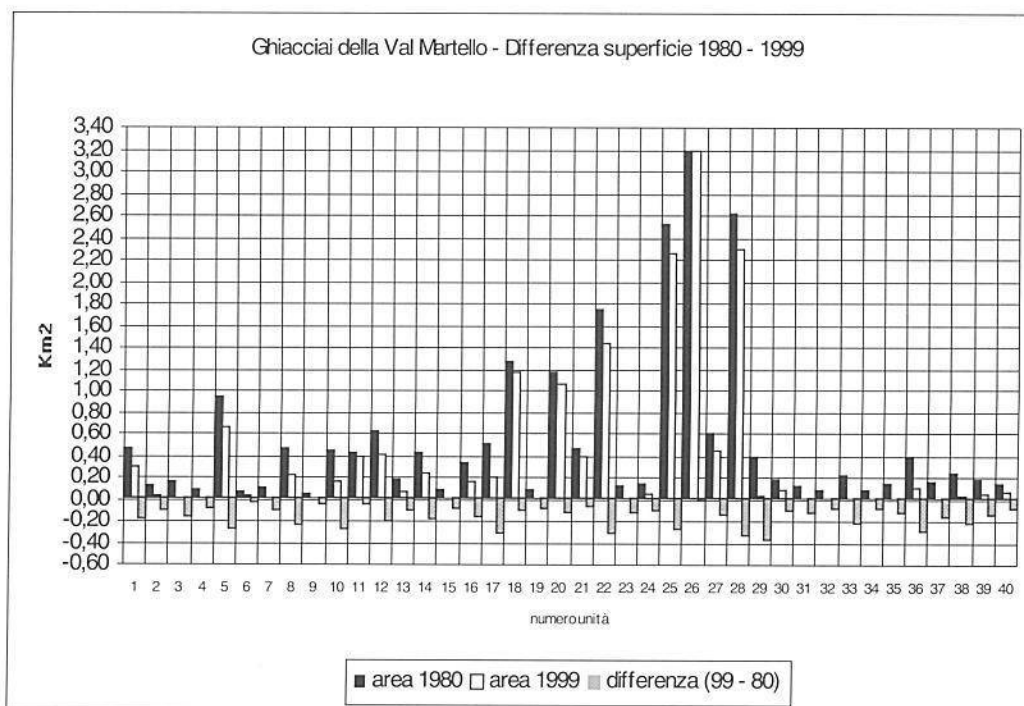
Num. WGI	NOME	Num. CGI	Area 1980 (km <sup>2</sup> )	Area 1999 (km <sup>2</sup> )	$\Delta$ 1980-99	fenomeno morfodinamico caratterizzante attuale
01	Ghiacciaio dell'ORECCHIA	716	0,46	0,286	-0,174	riduzione generalizzata
02	Glacionevato OVEST dell'ORECCHIA		0,13	0,023	-0,107	placche isolate
03	Glacionevato di CIMA FOSSO ALTO		0,17	0,01	-0,16	non esistente
04	Ghiacciaio di FLIM	717	0,09	0,01	-0,08	modeste placche residue
05	Ghiacciaio di SOI	718	0,94	0,66	-0,28	altitudine mediana inalterata
06	Glacionevato della CRESTA ALTA		0,06	0,03	-0,03	placche isolate
07	Glacionevato dell'ALPLIT		0,11	0	-0,11	non esistente
08	Ghiacciaio SUPERIORE del GIOVERETTO	719	0,46	0,225	-0,235	separazione in due parti
09	Glacionevato del MONTE CAVALLO		0,05	0	-0,05	non esistente; rock glacier
10	Ghiacciaio INFERIORE ORIENTALE & INF. CENTRALE del GIOVERETTO	720 721	0,44	0,16	-0,28	glacionevato costituito da placche
11	Ghiacciaio INFERIORE OCCIDENTALE del GIOVERETTO	722	0,43	0,382	-0,048	estesa morena galleggiante
12	Ghiacciaio ORIENTALE delle MONACHE	723	0,61	0,409	-0,201	suddiviso in 2 unità autonome
13	Ghiacciaio CENTRALE delle MONACHE	724	0,18	0,072	-0,108	detrito superficiale abbondante
14	Ghiacciaio OCCIDENTALE delle MONACHE	725	0,42	0,231	-0,189	limitata riduzione di spessore
15	Glacionevato di CIMA di SAENT		0,08	0,002	-0,078	non esistente
16	Ghiacciaio SETTENTRIONALE di SAENT	726	0,33	0,16	-0,17	costituito da 2 placche
17	Ghiacciaio GRAMES (settori centrale e orientale)	(727)	0,51	0,202	-0,308	attualmente privo di bacino di accumulo
18	Ghiacciaio GRAMES	727	1,27	1,166	-0,104	altitudine mediana inalterata
19	Glacionevato di CIMA ROSSA di MARTELLO		0,08	0	-0,08	non esistente
20	Vedretta SERANA	728	1,18	1,061	-0,119	laghi proglaciali
21	Vedretta ULTIMA	729	0,46	0,398	-0,062	fronte a unghia
22	Vedretta ALTA	730	1,75	1,438	-0,312	una sola lingua di ablazione
23	Glacionevato 23		0,13	0	-0,13	non esistente
24	Glacionevato PASSO DELLA VEDRETTA ALTA		0,14	0,04	-0,1	forma intermedia tra ghiacciaio e glacionevato
25	Ghiacciaio della FORCOLA	731	2,52	2,25	-0,27	affioramenti rocciosi
26	Ghiacciaio del CEVEDALE	732	3,2	3,185	-0,015	area quasi stazionaria
27	Vedretta LUNGA (colata destra)	(733)	0,6	0,456	-0,144	progressivo isolamento
28	Vedretta LUNGA	733	2,62	2,292	-0,328	lingua in disfaccimento
29	Ghiacciaio del LAGO GELATO	734	0,4	0,02	-0,38	non esistente; placche isolate
30	Ghiacciaio del POZZO (circo SW)	735	0,19	0,08	-0,11	consistente placca di ghiaccio
31	Glacionevato del POZZO (circo NE)	(735)	0,13	0	-0,13	non esistente; rock glacier
32	Ghiacciaio di CIMA MADRICCIO	(736)	0,09	0	-0,09	non esistente
33	Ghiacciaio di CIMA MADRICCIO	736	0,21	0	-0,21	non esistente
34	Glacionevato 34		0,08	0	-0,08	non esistente
35	Ghiacciaio PEDER di DENTRO	737	0,14	0,015	-0,125	placche disgiunte
36	Ghiacciaio PEDER di MEZZO	738	0,4	0,114	-0,286	numerose ed estese placche
37	Ghiacciaio PEDER di FUORI	739	0,16	0	-0,16	non esistente
38	Ghiacciaio LIFI	740	0,24	0,02	-0,22	glacionevato e rock glacier
39	Glacionevato del DENTE di SLUDER		0,19	0,04	-0,15	placche; 3 rock glaciers
40	Ghiacciaio di SLUDER	741	0,15	0,07	-0,08	placca di ghiaccio
	<i>totale</i>		21,8	15,507	-6,293	

Tab. 1: elenco generale delle unità glaciali della Val Martello e confronto tra le superfici nel 1980 e nel 1999. Vedi anche la cartina di pag. 34 (fig. 1) e l'istogramma di fig. 2.



N. WGI	NOME	altitudine mediana 1980	altitudine mediana 1999	differenza 1999 - 1980)	AAR 1980	AAR 1999
1	Ghiacciaio dell'ORECCHIA	2985	3030	+ 45 m	82	16
5	Ghiacciaio di SOI	3010	3020	+ 10 m	82	33
8	Ghiacciaio Superiore del GIOVERETTO	3089	3100	+ 11 m	58	28
11	Ghiacciaio Infer. Occid. del GIOVERETTO	2959	2978	+ 19 m	74	35
12	Ghiacciaio Orientale delle MONACHE	3088	3105	+ 17 m	88	29
14	Ghiacciaio Occidentale delle MONACHE	3005	3055	+ 50 m	86	17
16	Ghiacciaio Settentrionale di SAENT	2904	2970	+ 66 m	79	0
18	Ghiacciaio di GRAMES	3101	3108	+ 7 m	86	21
20	Vedretta SERANA	3085	3094	+ 9 m	70	35
21	Vedretta ULTIMA	3086	3093	+ 7 m	74	25
22	Vedretta ALTA	3059	3059	+ 0 m	63	26
24	Glacionevato PASSO VEDRETTA ALTA	3095	3090	- 5 m	71	10
25	Ghiacciaio della FORCOLA	3105	3114	+ 9 m	81	33
26	Ghiacciaio del CEVEDALE	3078	3138	+ 60 m	67	33
27	Vedretta LUNGA (colata destra)	3016	3030	+ 14 m	67	23
28	Vedretta LUNGA	3062	3103	+ 41 m	71	24
30	Ghiacciaio del POZZO	3111	3120	+ 9 m	63	12
36	Ghiacciaio PEDER di MEZZO	3260	/	/	/	/
38	Ghiacciaio di LIFI	3040	/	/	/	/
40	Ghiacciaio di SLUDER	3080	3060	- 20 m	/	0

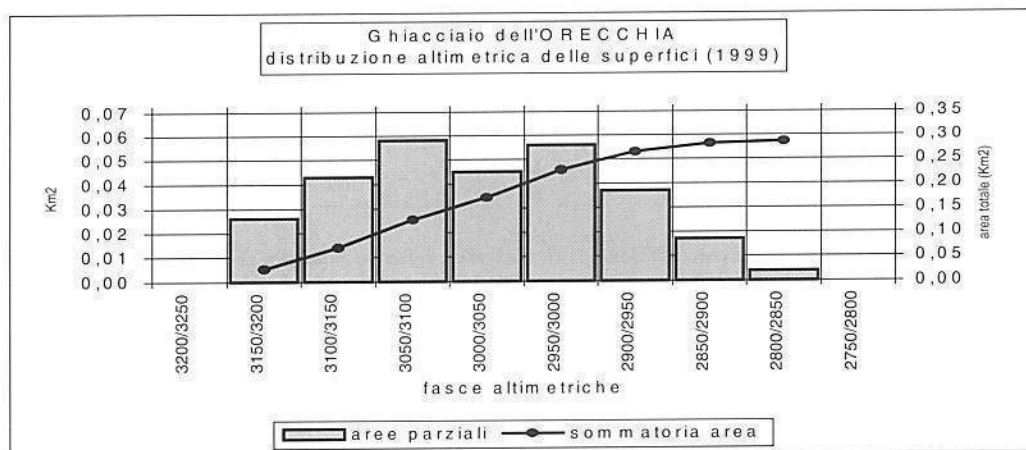
Tab. 2: variazione dell'altitudine mediana e dell'indice AAR di alcuni tra i ghiacciai di maggiori dimensioni della Val Martello nel 1980 e nel 1999 (N: numero progressivo nel bacino idrografico). Fig. 2: variazione di superficie nel periodo 1980 - 1999.



Ghiacciaio: **dell'ORECCHIA** sinonimi: Vedretta di Hasenhorn

Codice WGI: I-4L00 1121 01	n° cat. C.G.I. : 716	Coordinate UTM: 32 TPS 4260 5722
Base cartografica: CT10.000 (2503-07)	tipo: montano	forma: circo
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	
lunghezza massima (m): 950	lunghezza media (m): 950	quota massima (m s.l.m.): 3220
larghezza massima (m): 540	larghezza media (m): 350	quota della fronte (m s.l.m.): 2830
pendenza media (%): 45	altitudine mediana (m s.l.m.): 3030	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2830
<b>superficie totale (kmq): 0,286</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,006	superficie incerta (kmq): 0
snow-line (m s.l.m.): 3180 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,241	AAR: 16
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,174	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 45	quota fronte (m s.l.m.): + 80

La forte riduzione dello spessore e la consistente restrizione della superficie rispetto alla situazione del 1980 hanno provocato un notevole aumento degli affioramenti rocciosi, soprattutto nel settore centrale, dove sembra verificarsi uno smembramento del corpo glaciale. La maggior parte della contrazione areale si è prodotta attorno ai 2900 m di quota, con una perdita di circa il 30 % (75 % del totale della diminuzione di superficie). Il ridimensionamento rimanente si deve alla scomparsa del nevato nella parte superiore del bacino e al consistente ritiro frontale, primo responsabile anche dell'innalzamento dell'altitudine mediana. Molto ridotta l'estensione della neve residua del 1999, relegata a una modesta fascia sommitale.



Ghiacciaio: **Glacionevato OVEST dell'ORECCHIA**

Codice WGI: I-4L00 1121 02	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 4197 5652
Base cartografica: CT 10.000 2503-07	tipo: glacionevato	forma: gruppo di piccole formazioni
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	
lunghezza massima (m):	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3050
larghezza massima (m):	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2840
<b>superficie totale (kmq): 0,023</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,003	superficie incerta (kmq):
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,107	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.): + 115

Si osservano alcune placche, isolate e di forma irregolare, costituite di nevato, di neve residua, di ghiaccio. Di superficie alquanto ridotta, l'unità non ha attualmente alcuna rilevanza dal punto di vista glaciologico.

Ghiacciaio: **Glacionevato di CIMA di FOSSO ALTO**

Codice WGI: I-4L00 1121 03	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 4120 5645
Base cartografica: CT 10.000 2503-07	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	
<b>superficie totale (kmq): 0,010</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,160	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

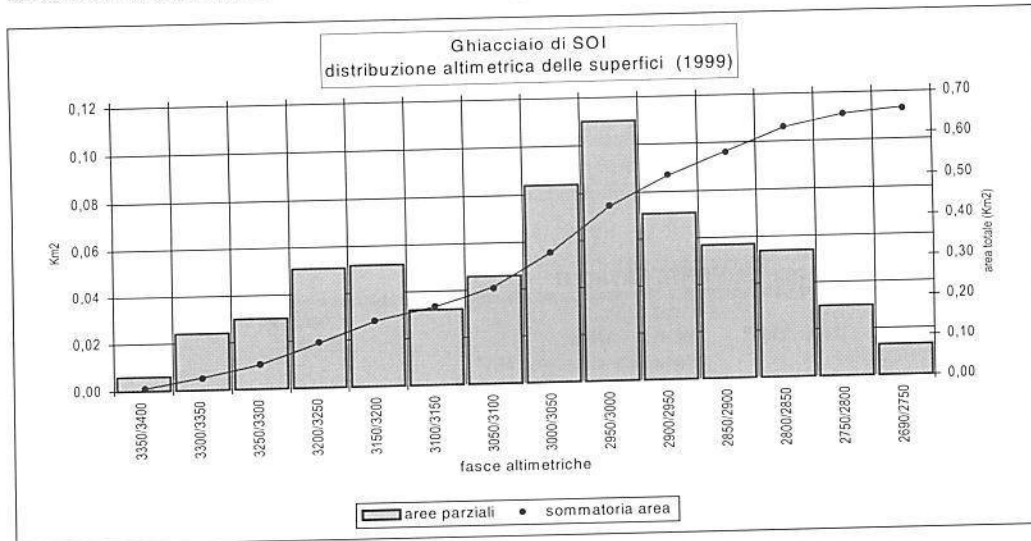
Unità costituita da isolate placche residuali di consistenza esigua. Attualmente non esistente.

Ghiacciaio: **di FLIM** sinonimi: Vedretta di Hasenhorn  
 Codice WGI: I-4L00 1121 04 n° cat. C.G.I. : 717 Coordinate UTM: 32 TPS 3915 5498  
 Base cartografica: CT 10.000 2506 tipo: non esistente forma: -  
 superficie totale (kmq): **0,010** superficie coperta di morena (kmq): 0,005 superficie incerta (kmq):  
**variazioni dal 1980 al 1999**  
 superficie (kmq): - 0,080 altitudine mediana (m. s.l.m.): quota fronte (m s.l.m.):

L'unità può considerarsi non più esistente in quanto costituita soltanto da una placca di nevato e da una piccola massa di ghiaccio obliterata dal detrito, dal contorno incerto. Minima superficie residua.

Ghiacciaio: **di SOI** sinonimi: Soy Ferner  
 Codice WGI: I-4L00 1121 05 n° cat. C.G.I. : 718 Coordinate UTM: 32 TPS 3717 5248  
 Base cartografica: CT 10.000 2506 tipo: montano forma: bacino composto  
 alimentazione: diretta e valanghe esposizione prevalente: Nord  
 lunghezza massima (m): 1550 lunghezza media (m): 1300 quota massima (m s.l.m.): 3380  
 larghezza massima (m): 800 larghezza media (m): 350 quota della fronte (m s.l.m.): 2685  
 pendenza media (%): 52 altitudine mediana (m s.l.m.): 3020 q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2700  
 superficie totale (kmq): **0,660** superficie coperta di morena (kmq): 0,045 superficie incerta (kmq):  
 snow-line (m s.l.m.): 3100 (15/09/99) superficie ablazione (kmq): 0,440 AAR: 33  
**variazioni dal 1980 al 1999**  
 superficie (kmq): - 0,280 altitudine mediana (m. s.l.m.): + 2 quota fronte (m s.l.m.): + 20

Il ghiacciaio presenta due distinte e brevi lingue, conservando perciò le caratteristiche principali descritte dal Desio e nel Carasto dei Ghiacciai del CGI. La colata destro-idrografica si spinge a una quota inferiore (2690 m) rispetto a quella sinistra, che si arresta a 2755 m. Quest'ultima è alimentata da parte del flusso proveniente dal circo orientale, principale, che culmina con la vetta più alta del Gioveretto (3439 m). La lingua di destra è alimentata in parte dal flusso del circo principale e in parte dalla corrente che scende dal circo orientale, scavato sul versante settentrionale della quota 3378. I rapporti tra le due colate coalescenti sono messi bene in evidenza dalla presenza di una sviluppata morena mediana. Entrambe le lingue appaiono uno spessore alquanto ridotto e terminano con fronti piatte e a *ungbia*. Il loro stato denota una scarsa capacità attuale di alimentazione da parte dei citati bacini superiori. Caratteristico il complesso apparato morenico che occupa l'estesa area proglaciale: in particolare, sono ben conservate e di notevoli dimensioni le morene laterali della P.E.G.. In posizione più arretrata si riconosce l'arco morenico attribuibile alla pulsazione del 1921 e, ancora, quello del 1985. La morena di fondo è caratterizzata da linee di flusso di colore chiaro. La recente riduzione di massa ha portato a evidenti modificazioni che interessano anche le aree più elevate del ghiacciaio: la più vistosa consiste nella messa allo scoperto della costola rocciosa che scende a N della q. 3378 e che separa in maniera netta i due circhi superiori. La stazionarietà della altitudine mediana (3018 nel 1980 e 3020 nel 1999) rafforza il rilievo di un decremento di massa a tutte le quote.



Ghiacciaio: **Glacionevato della CRESTA ALTA**

Codice WGI: I-4L00 1121 06	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 3645 5262
Base cartografica: CT 10.000 2506	tipo: glacionevato	forma: gruppo di piccole formazioni
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: NE	
lunghezza massima (m):	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3200
larghezza massima (m):	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 3050
<b>superficie totale (kmq): 0,030</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,030	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.): + 30

L'unità è ridotta ad alcune placche isolate e disomogenee, costituite da nevato e neve residua, adagiate sull'ampia cresta che costituisce la sommità della montagna. Pur modesta, la superficie non è trascurabile.

Ghiacciaio: **Glacionevato dell'ALPLIT**

Codice WGI: I-4L00 1121 07	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 3635 5307
Base cartografica: CT 10.000 2506	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: (valanghe)	esposizione prevalente: NE	
<b>superficie totale (kmq): 0,0</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,110	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

L'alimentazione prevalente è costituita da valanghe, al cui scarso apporto negli ultimi anni si deve la scomparsa di questa unità che, nel 1980, presentava una estensione di 30 ettari.

Ghiacciaio: **SUPERIORE di GIOVERETTO**

sinonimi: Oberer Zufritt Ferner

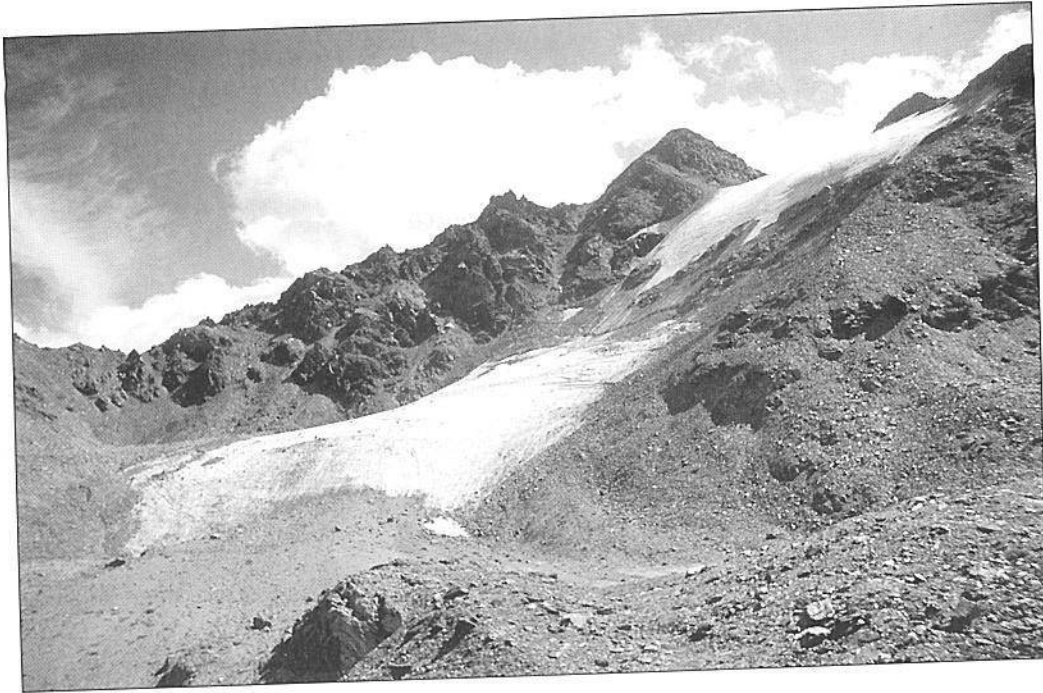
Codice WGI: I-4L00 1121 08	n° cat. C.G.I. : 719	Coordinate UTM: 32 TPS 3627 5180
Base cartografica: CT 10.000 2506	tipo: montano	forma: circo
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: NW	
lunghezza massima (m): 900	lunghezza media (m): 900	quota massima (m s.l.m.): 3305
larghezza massima (m): 400	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2930
pendenza media (%): 45	altitudine mediana (m s.l.m.): 3100	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2930
<b>superficie totale (kmq): 0,255</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,025	superficie incerta (kmq):
snow-line (m s.l.m.): 3200 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,182	AAR: 28
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,205	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 11	quota fronte (m s.l.m.): + 15

Negli ultimi anni, nella fascia compresa tra i 3000 e 3050 m di quota, si è prodotto l'affioramento di un pronunciato gradino trasversale del substrato che tende a suddividere il ghiacciaio in due parti: quella inferiore verrà a isolarsi e, essendo oggi priva di alimentazione, subirà un processo di graduale fusione. La parte superiore, attualmente stazionaria, diverrà pensile. Per quanto riguarda il settore inferiore e frontale, la forte riduzione rispetto al 1980 si deve alla scomparsa di una vasta area di nevato che si estendeva fino a comprendere il settore alla base della parete di destra, a Sud della Cresta Alta. Il ritiro lineare della fronte è stato molto contenuto, soprattutto se confrontato con la forte riduzione areale. La vasta area proglaciale è caratterizzata da una grande abbondanza di morenico deposto, organizzato soprattutto in morena di fondo.

Ghiacciaio: **Glacionevato del MONTE CAVALLO**

Codice WGI: I-4L00 1121 09	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 3592 5150
Base cartografica: CT 10.000 2506	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: valanghe	esposizione prevalente: NW	
<b>superficie totale (kmq): 0,00</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
rock glacier: si	superficie: 0,05	quota minima fronte (m s.l.m.): 2760
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,050	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

Sono visibili alcune esigue e isolate placche di ghiaccio e nevato. Nella gola sottostante il circo si insinua un piccolo rock glacier di 5 ha di superficie.



*Foto 1 e 2: nel settore centrale del Ghiacciaio Superiore di Gioveretto, in corrispondenza di un ripido affioramento roccioso, lo spessore del ghiaccio si va progressivamente assottigliando: non si può escludere il futuro isolamento della parte inferiore della colata. (in alto, settembre 1998, W. Dietre). Il margine proglaciale del ghiacciaio. (in basso, 15 settembre 1999, F. Secchieri).*





Ghiacciaio: **INFERIORE ORIENTALE e INF. CENTRALE del GIOVERETTO** sinonimi: Unterer Zufritt Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 10	n° cat. C.G.I. : 720, 721	Coordinate UTM: 32 TPS 3575 5075
Base cartografica: CT 10.000 2510	tipo: glacionevato	forma: gruppo di piccole formazioni
alimentazione: valanghe e diretta	esposizione prevalente: NW	
lunghezza massima (m):	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3220
larghezza massima (m):	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2840 (?)
pendenza media (%):	altitudine mediana (m s.l.m.):	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2980
<b>superficie totale (kmq): 0,160</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,070	superficie incerta (kmq): 0,040
snow-line (m s.l.m.): > 3220 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,160	AAR: 0
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,280	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.): + 60

Il nevato che nel 1980 si estendeva ai piedi della parete NW di Cima Fontana Bianca (3253 m) è ora scomparso, ripristinando la situazione preesistente i rilievi del WGI: non è quindi possibile considerare l'apparato attuale come una unità omogenea, in quanto costituito da un insieme di placche di ghiaccio in parte sepolte da detrito. La maggiore di esse occupa il circo orientale con una estensione massima di 0,063 Km<sup>2</sup> circa. Nel circo occidentale molta parte della superficie è completamente obliterata da detrito, fatto che impedisce una precisa identificazione dei contorni delle masse residuali ivi ospitate.

Ghiacciaio: **INFERIORE OCCIDENTALE del GIOVERETTO** sinonimi: Unterer Zufritt Ferner

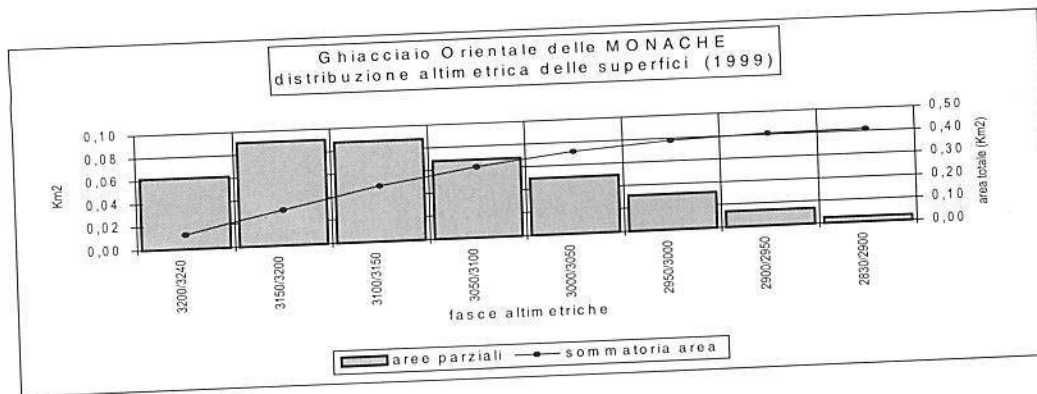
Codice WGI: I-4L00 1121 11	n° cat. C.G.I. : 722	Coordinate UTM: 32 TPS 3523 5045
Base cartografica: CT 10.000 2510	tipo: montano	forma: circo
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	
lunghezza massima (m): 1150	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3260
larghezza massima (m): 450	larghezza media (m): 300	quota della fronte (m s.l.m.): 2765
pendenza media (%): 48	altitudine mediana (m s.l.m.): 2978	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2820
<b>superficie totale (kmq): 0,382</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,090	superficie incerta (kmq): 0,020
snow-line (m s.l.m.): 3050 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,246	AAR: 35
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,048	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 19	quota fronte (m s.l.m.): + 35

Il settore inferiore del ghiacciaio si presenta completamente ricoperto da detrito: una fascia centrale dello stesso, di maggior spessore e di sezione triangolare, si allunga fino alla quota di 2900 m circa. Consistente presenza superficiale di materiale morenico si osserva anche ai piedi della lunga parete rocciosa di destra. Dal confronto tra le foto odierne e quelle del 1980 appare evidente il forte calo di spessore, che ha coinvolto l'intera massa ma soprattutto la parte attualmente compresa tra i 3000 e 3100 m di quota. La riduzione volumetrica è quindi molto più accentuata di quanto non si possa dedurre dalla sola contrazione areale.

Ghiacciaio: **ORIENTALE delle MONACHE** sinonimi: Lorken Ferner, Nonnen Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 12	n° cat. C.G.I. : 723	Coordinate UTM: 32 TPS 3475 5015
Base cartografica: CT 10.000 2509-10	tipo: montano	forma: bacino composto
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	
lunghezza massima (m): 810	lunghezza media (m): 700	quota massima (m s.l.m.): 3240
larghezza massima (m): 850	larghezza media (m): 370	quota della fronte (m s.l.m.): 2830
pendenza media (%): 58	altitudine mediana (m s.l.m.): 3105	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2830
<b>superficie totale (kmq): 0,409</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
snow-line (m s.l.m.): (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,289	AAR: 29
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,201	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 17	quota fronte (m s.l.m.): + 50

Il ghiacciaio si presenta suddiviso in due parti autonome, ognuna ospitata in un circo rispettivamente a Est e a Ovest dell'ampia cresta che si sviluppa a Nord della Cima di Rabbi (3252 m), che si collegano tra loro soltanto mediante le frange di nevato poste a ridosso dell'ampia sommità della cima centrale. Alla fine degli Anni Trenta, la Cima di Rabbi appare come una grande cupola totalmente ghiacciata dalla quale scendevano due lingue, in corrispondenza dei due attigui circhi. Nel WGI questo ghiacciaio viene ancora considerato unitario per la presenza di una consistente zona ghiacciata di collegamento nella parte più elevata del bacino. Oggi il settore di destra (orientale) termina a 2830 m di quota, presentandosi con una stretta protuberanza che si insinua in una angusta gola, tra un caotico ammasso detritico. La sua superficie, tuttavia, appare priva di detrito galleggiante a causa della modestia delle pareti rocciose sovrastanti. La neve residua (*snow-line* a 3140 m di quota), è presente solo nel settore destro, mentre manca quasi del tutto nella porzione sinistra.



Ghiacciaio: **CENTRALE delle MONACHE**

Codice WGI: I-4L00 1121 13  
Base cartografica: CT 10.000 2509  
alimentazione: diretta e valanghe  
lunghezza massima (m): 400  
larghezza massima (m): 200  
pendenza media (%):  
**superficie totale (kmq): 0,072**  
superficie (kmq): - 0,113

n° cat. C.G.I. : 724  
tipo: glacionevato  
esposizione prevalente: NW  
lunghezza media (m):  
larghezza media (m):  
altitudine mediana (m s.l.m.):  
superficie coperta di morena (kmq): 0,040  
**variazioni dal 1980 al 1999**  
altitudine mediana (m. s.l.m.):

Coordinate UTM: 32 TPS 3357 5020  
forma: -  
quota massima (m s.l.m.): 2990  
quota della fronte (m s.l.m.): 2770  
q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2770  
superficie incerta (kmq): 0,20  
quota fronte (m s.l.m.): + 45

La massa glaciale, dai limiti incerti, è in gran parte ricoperta da detrito: la lettura dei dati deve intendersi approssimata per difetto. Nessuna traccia di neve residua.

Ghiacciaio: **OCCIDENTALE delle MONACHE** sinonimi: Nonnen Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 14  
Base cartografica: CT 10.000 2509  
alimentazione: diretta  
lunghezza massima (m): 600  
larghezza massima (m): 550  
pendenza media (%): 33  
**superficie totale (kmq): 0,231**  
snow-line (m s.l.m.): 3100 (15/09/99)  
superficie (kmq): - 0,189

n° cat. C.G.I. : 725  
tipo: montano  
esposizione prevalente: NW  
lunghezza media (m):  
larghezza media (m): 450  
altitudine mediana (m s.l.m.): 3055  
superficie coperta di morena (kmq): 0,008  
superficie ablazione (kmq): 0,191  
**variazioni dal 1980 al 1999**  
altitudine mediana (m. s.l.m.): + 50

Coordinate UTM: 32 TPS 3332 4965  
forma: circo  
quota massima (m s.l.m.): 3160  
quota della fronte (m s.l.m.): 2970  
q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2970  
superficie incerta (kmq):  
AAR: 17  
quota fronte (m s.l.m.): + 220

L'aspetto generale del ghiacciaio è alquanto diverso rispetto a quello delle altre unità del settore: la fronte non è appiattita e la massa non pare aver subito una consistente riduzione di spessore rispetto al 1980. Pur tuttavia appaiono molto marcati sia la riduzione areale sia l'arretramento frontale. Questi due fatti apparentemente contraddittori possono, almeno in parte, essere spiegati con il fatto che, al momento della compilazione della scheda del WGI, il sito si presentava abbondantemente ricoperto da nevato che, oggi scomparso, si estendeva ben oltre i limiti di allora del corpo glaciale: in questi termini vanno intesi anche la sensibile risalita dell'altitudine mediana e l'abnorme innalzamento della quota minima frontale.

Ghiacciaio: **Glacionevato di CIMA di SAËNT**

Codice WGI: I-4L00 1121 15  
Base cartografica: CT 10.000 2509  
alimentazione: diretta  
**superficie totale (kmq): 0,002**  
superficie (kmq): - 0,078

n° cat. C.G.I. :  
tipo: non esistente  
esposizione prevalente: Nord  
superficie coperta di morena (kmq):  
**variazioni dal 1980 al 1999**  
altitudine mediana (m. s.l.m.):

Coordinate UTM: 32 TPS 3335 4917  
forma: -  
superficie incerta (kmq):  
quota fronte (m s.l.m.):

Nel piccolo circo sommitale di Cima di Saënt sono al momento presenti alcune modeste placche di neve residua, non di nevato. A parte questi minimi residui, l'unità è da considerarsi inesistente.





*Foto 3: panoramica del versante settentrionale della Val Gioveretto, nel tratto compreso tra la cima omonima e la Cima di Rabbi: da sinistra a destra si distinguono i ghiacciai Inferiore Orientale e Inferiore Centrale del Gioveretto, il ghiacciaio Inferiore Occidentale del Gioveretto e il settore orientale del Ghiacciaio Orientale delle Monache. In evidenza il vasto complesso morenico, nel quale sono riconoscibili, oltre alla grande morena laterale della Piccola Età Glaciale, gli argini relativi all'espansione del 1921 e del 1985. Sullo sfondo il Gruppo di Cima Sternai. (15 settembre 1999, F. Secchieri).*



Ghiacciaio:	<b>SETTENTRIONALE di SAËNT</b>	sinonimi: Vedretta di Saënt, Sallent Ferner
Codice WGI: I-4L00 1121 16	n° cat. C.G.I. : 726	Coordinate UTM: 32 TPS 3285 4895
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: glacionevato	forma: gruppo di piccole formazioni
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: NW	quota massima (m s.l.m.): 3010
lunghezza massima (m):	lunghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2815
larghezza massima (m):	larghezza media (m):	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2815
pendenza media (%):	altitudine mediana (m s.l.m.): 2970	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,160</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,045	AAR: 0
snow-line (m s.l.m.): > 3010 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,160	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,175	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 66	quota fronte (m s.l.m.): + 10

L'unità glaciale è composta di tre diverse masse, adagiate sul versante occidentale della Cima di Saënt. La placca maggiore, in parte ricoperta di detrito, possiede una superficie di 0,136 Km<sup>2</sup> ed è priva di bacino collettore. A contatto con il ghiaccio della sua fronte si sono formati due piccoli laghi. La seconda placca, di 0,019 Km<sup>2</sup>, si trova a ridosso di una bassa cresta rocciosa nei pressi del Passo di Saënt; è quasi completamente sommersa da detrito, di esile spessore e appare in via di totale esaurimento. La terza è insignificante, costituita prevalentemente da nevato. L'altitudine mediana si pone a soli 2970 m di quota.

Ghiacciaio:	<b>GRAMES (settore centrale e orientale)</b>	
Codice WGI: I-4L00 1121 17	n° cat. C.G.I. : (727)	Coordinate UTM: 32 TPS 3225 4807
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: montano	forma: pianalto
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	quota massima (m s.l.m.): 3100
lunghezza massima (m): 540	lunghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2985
larghezza massima (m): 500	larghezza media (m):	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2985
pendenza media (%): 21	altitudine mediana (m s.l.m.):	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,202</b>	superficie coperta di morena (kmq):	AAR: 0
snow-line (m s.l.m.): > 3100 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,202	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,308	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.): + 160

Il ghiacciaio ha subito una forte riduzione (circa 30 ha su un totale di poco più di 50) e un consistente ritiro frontale. Il suo nuovo margine proglaciale ospita numerosi laghetti, di varie forma e dimensioni, tra i quali il maggiore è quello posto a q. 2980 m. Caratteristica la colorazione del morenico abbandonato dalla colata in ritiro, sia sotto forma di morena di fondo sia come argine latero-frontale: quest'ultimo attraversa interamente l'altipiano, a partire dai pressi del Passo di Saënt. Tali caratteri litologici consentono una ricostruzione, dai tratti spettacolari, delle antiche dimensioni, e quindi delle fluttuazioni recenti, di questo settore del ghiacciaio.

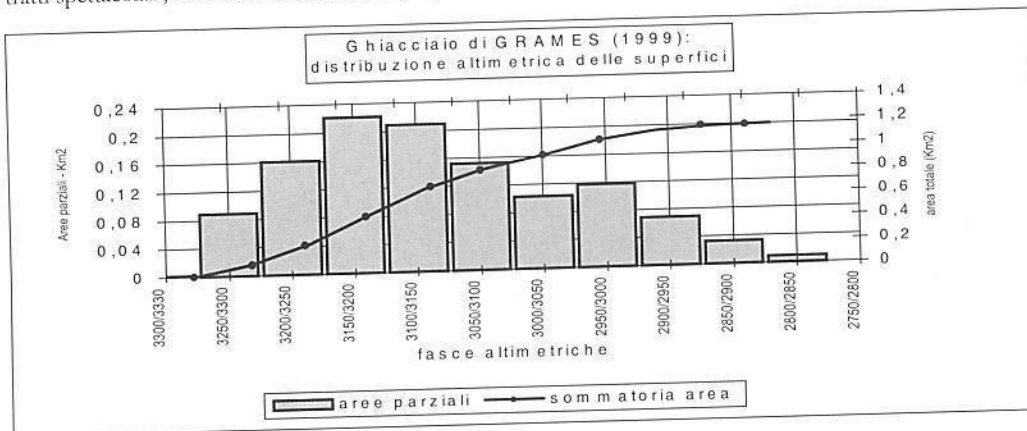
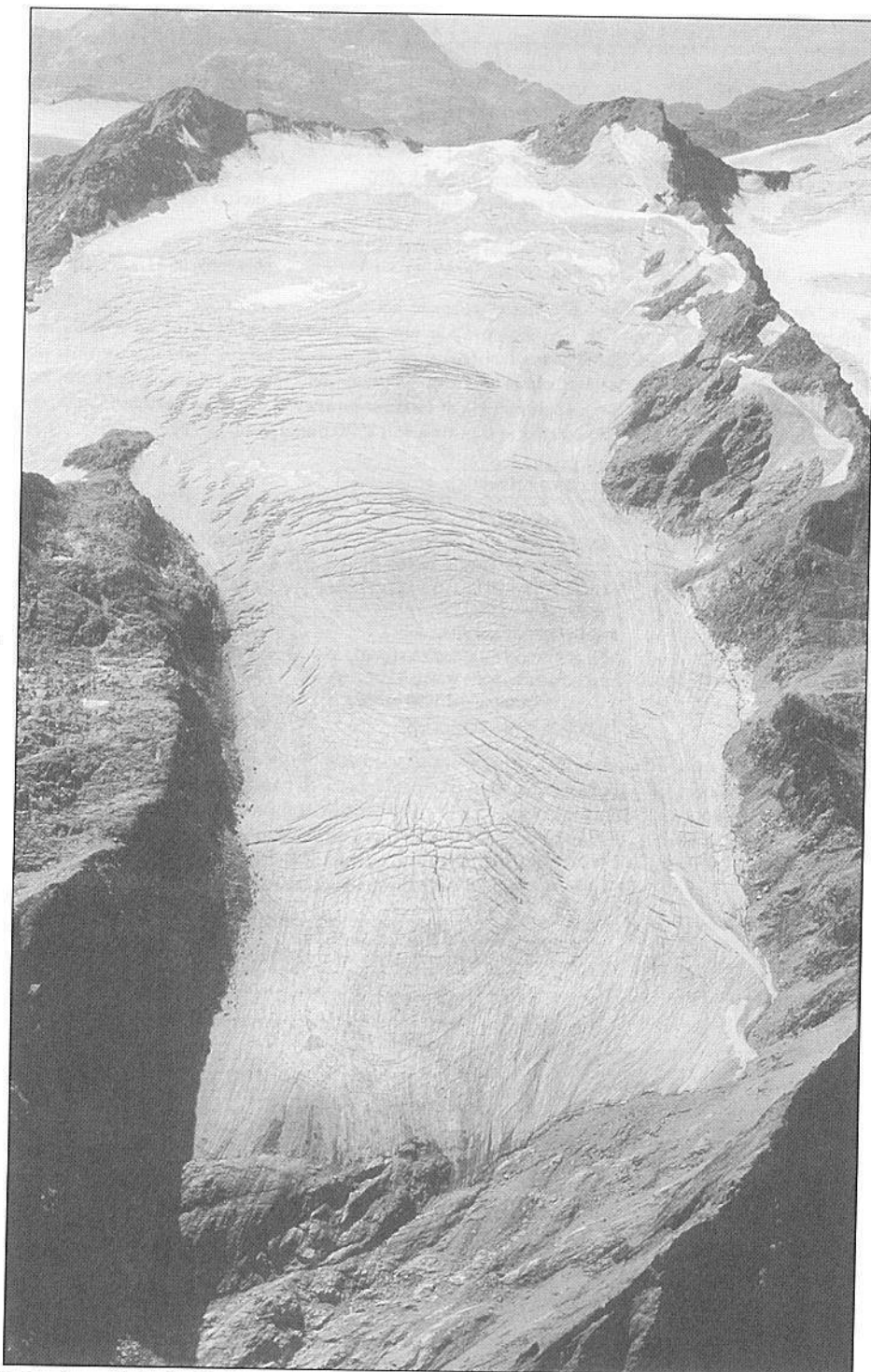


Foto 4 (pagina a fianco): rispetto al 1980 il Ghiacciaio Settentrionale di Saënt ha dimezzato la propria superficie e si è frammentato in tre placche, la più estesa delle quali è visibile al centro. Si noti la morena di epoca storica, laterale e in parte di fondo, della colata destra del Ghiacciaio di Grames, che si evidenzia per il diverso colore. In questo settore, grazie anche alla particolare morfologia del substrato, il ritiro glaciale ha dato origine a numerosi laghi, di diverse dimensioni, come i quattro visibili nella foto. (15 Settembre 1999, F. Secchieri).



*Foto 5: la colata principale del Ghiacciaio di Grames. Si può osservare come l'innevamento residuo, costituito quasi esclusivamente da neve vecchia stagionale (1999), sia estremamente ridotto e limitato a un'area marginale sommitale. (15 settembre 1999, F. Secchieri).*

Ghiacciaio:	<b>GRAMES (lingua occidentale)</b>	sinonimi: Grams Ferner
Codice WGI: I-4L00 1121 18	n° cat. C.G.I. : 727	Coordinate UTM: 32 TPS 3137 4832
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: montano	forma: circo-vallone
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	quota massima (m s.l.m.): 3330
lunghezza massima (m): 1800	lunghezza media (m): 1800	quota della fronte (m s.l.m.): 2830
larghezza massima (m): 1100	larghezza media (m): 600	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2830
pendenza media (%): 29	altitudine mediana (m s.l.m.): 3108	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 1,166</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,00	AAR: 21
snow-line (m s.l.m.): 3200 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,906	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,104	altitudine mediana (m s.l.m.): + 7	quota fronte (m s.l.m.): + 100

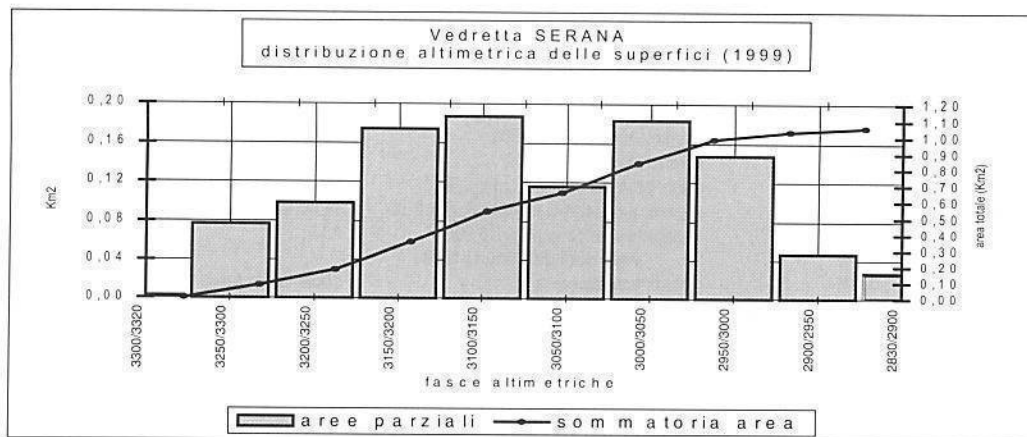
Per omogeneità di confronto con i dati del WGI è stata mantenuta la suddivisione del Ghiacciaio di Grames in due distinte unità, delle quali questa è la principale. Anche nella situazione morfologica odierna, frutto delle modificazioni intervenute negli ultimi vent'anni, una plausibile linea di demarcazione appare alquanto incerta: tuttavia la progressiva e consistente riduzione di spessore va sempre più evidenziando la morfologia del letto roccioso e sembra confermare l'esistenza di una modesta cresta di spartiacque al di sotto della quota 3100 m. La superficie del ghiacciaio si è ridotta di poco (la differenza areale con il dato del 1980 è infatti dovuta per buona parte al notevole arretramento del limite inferiore del ghiaccio) e questo fatto può essere ricondotto alle caratteristiche del bacino di contenimento, delimitato da pareti alquanto ripide. La contrazione volumetrica prodottasi nel periodo ventennale non è facilmente valutabile, anche se la variazione della altitudine mediana (solo 7 m), che si è potuta ricavare anche sulla base del confronto tra le due diverse cartografie, indica come essa si sia attuata in modo uniforme. L'innnevamento residuo è disposto in placche irregolari confinate ad alta quota. Il nevato è assente. Irrilevante, infine, la presenza di detrito in superficie.

Ghiacciaio:	<b>Glacionevato di CIMA ROSSA di MARTELLO</b>	
Codice WGI: I-4L00 1121 19	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 3097 4812
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,00</b>	superficie coperta di morena (kmq):	quota fronte (m s.l.m.):
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,080	altitudine mediana (m s.l.m.):	

Nel circo di cresta compreso tra la quota 3137 e la Cima Rossa di Martello (3037 m) non si riscontra la presenza di alcuna placca ghiacciata. L'unità non era segnalata nel Catasto del Comitato Glaciologico Italiano.

Ghiacciaio:	<b>SERANA</b>	sinonimi: Vedretta di Serana, Schran Ferner
Codice WGI: I-4L00 1121 20	n° cat. C.G.I. : 728	Coordinate UTM: 32 TPS 3055 4742
Base cartografica: CT 10.000 N° 2509	tipo: montano	forma: pendio
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Nord	quota massima (m s.l.m.): 3320
lunghezza massima (m): 1300	lunghezza media (m): 1200	quota della fronte (m s.l.m.): 2830
larghezza massima (m): 900	larghezza media (m): 800	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2830
pendenza media (%): 40	altitudine mediana (m s.l.m.): 3094	superficie incerta (kmq): 0
<b>superficie totale (kmq): 1,061</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0	AAR: 35
snow-line (m s.l.m.): 3200 (15/9/99)	superficie ablazione (kmq): 0,750	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,119	altitudine mediana (m s.l.m.): + 9	quota fronte (m s.l.m.): + 65

Le caratteristiche morfologiche del bacino hanno avuto una influenza notevole nel limitare la riduzione di superficie di questo ghiacciaio. Le differenze principali rispetto alla situazione descritta dal WGI riguardano infatti solo la lunga e articolata fronte, dal suo settore settentrionale più elevato fino alla protuberanza più bassa di NW. Proprio in questa parte il ritiro frontale ha raggiunto i valori più elevati, abbandonando un complesso morenico, caratteristico per la matrice prevalentemente limosa, in fase di rapida involuzione. Nel 1994/95 era stata qui segnalata la presenza di un laghetto morenico (profondità di circa 2 m), ma il successivo crollo dell'argine ne ha ridotto l'invaso. In conche rocciose, davanti al bordo settentrionale, sono presenti altri 3 laghi di dimensioni apprezzabili, nei quali la fronte arrivava a immergersi sino al 1985: attualmente il ghiaccio raggiunge solo il più occidentale, a quota 2888 m. Dal confronto con il 1998, appare evidente la riduzione di spessore del settore di testata, dove vanno emergendo le rocce della cresta. Anche la quota 3321 (Cima Gina), una volta completamente gelata, si è trasformata in una cima in parte rocciosa.



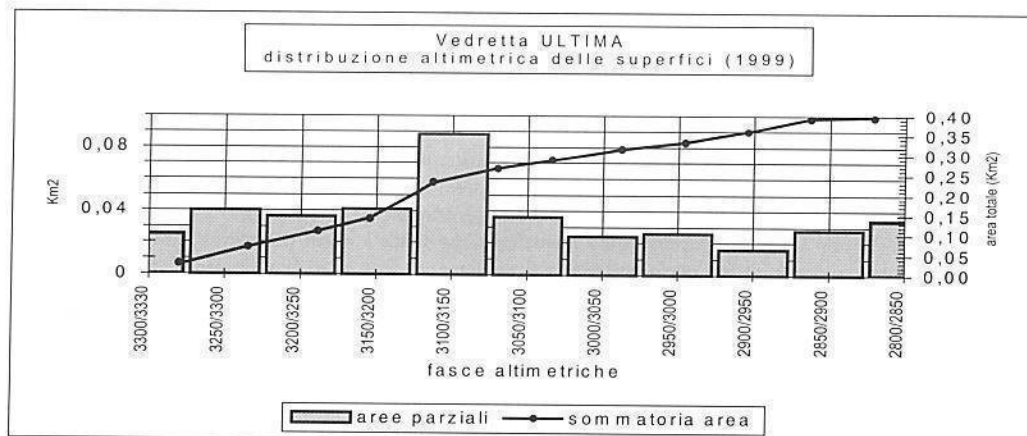
Ghiacciaio: **Vedretta ULTIMA** sinonimi: Ultenmark Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 21 n° cat. C.G.I.: 729 Coordinate UTM: 32 TPS 2997 4705  
 Base cartografica: CT 10.000 2509 tipo: montano forma: circo-vallone  
 alimentazione: diretta esposizione prevalente: Nord  
 lunghezza massima (m): 1220 lunghezza media (m): quota massima (m s.l.m.): 3340  
 larghezza massima (m): 500 larghezza media (m): 350 quota della fronte (m s.l.m.): 2785  
 pendenza media (%): 51 altitudine media (m s.l.m.): 3093 q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2790  
**superficie totale (kmq): 0,398** superficie coperta di morena (kmq): 0,025 superficie incerta (kmq):  
 snow-line (m s.l.m.): 3205 (15/09/99) superficie ablazione (kmq): 0,300 AAR: 25

**variazioni dal 1980 al 1999**

superficie (kmq): - 0,062 altitudine media (m. s.l.m.): - 7 quota fronte (m s.l.m.): + 10

Ghiacciaio di dimensioni medie ma certamente uno dei più interessanti della Val Martello per la sua evoluzione morfologica recente. Il profilo longitudinale risente della conformazione del letto roccioso, che presenta tre accentuati gradini dei quali sia il medio sia l'inferiore stanno emergendo sempre più per l'affievolirsi del corpo glaciale. L'aumento degli affioramenti rocciosi porta a un restringimento della colata in particolare tra i 2900 e i 3000 m di quota. Analizzando il dato di riduzione areale, risulta che gran parte della perdita si deve al ritiro frontale mentre è molto limitata nella parte alta del bacino, dove comunque si nota una sensibile diminuzione di spessore. L'intera fronte è ricoperta da abbondante detrito che nel settore destro, proprio dove maggiore è lo spessore del ghiaccio, si spinge fino sopra al gradino inferiore. In ambito proglaciale si sono formati alcuni laghetti, nel maggiore dei quali, largo oltre un centinaio di metri, si immerge parte della fronte destra, con una parete di ghiaccio alta 6/7 m. Particolarmente evidente il continuo argine morenico che disegna esattamente il profilo della fronte al culmine dell'ultima fluttuazione, conclusasi nel 1985. Da rilevare la diminuzione di 7 m dell'altitudine mediana.







*Foto 6: veduta panoramica della Vedretta Ultima.. Una delle variazioni maggiori subite dal ghiacciaio è il restringimento della massa nel settore centrale inferiore, evento imputabile all'ampliamento di una finestra rocciosa in corrispondenza di un gradino del letto.(15 settembre 1999, F. Secchieri).*





*Foto 7: il settore destro della fronte della Vedretta Ultima. Il lago proglaciale dove si immerge un tratto di fronte è di recente formazione. La sua profondità, al centro, è di circa 1 metro. (settembre 1998, F. Secchieri).*

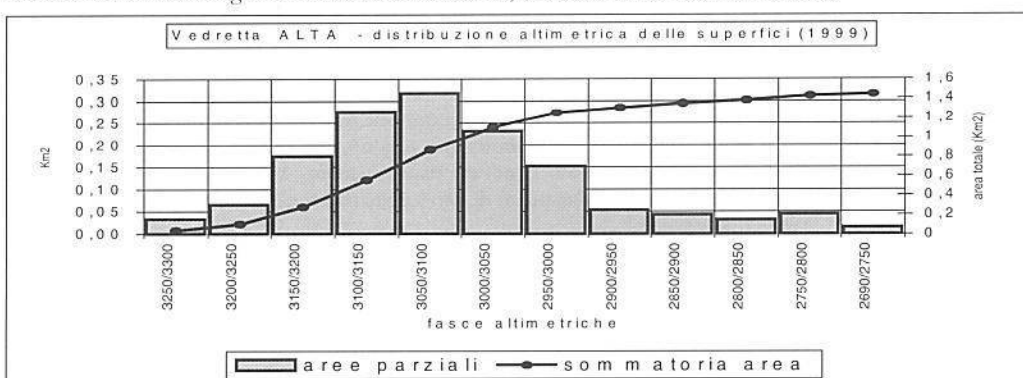
*Foto 8: Vedretta Ultima (a sinistra) e Vedretta Alta (al centro). La struttura dei due apparati si è modificata solo di poco nel corso degli ultimi anni, anche se il ritiro frontale è stato considerevole. Sulla Vedretta Alta si osserva un innevamento residuo estremamente ridotto, relegato a una piccola area posta al di sotto della Cima Venezia. (15 settembre 1999, F. Secchieri).*



Ghiacciaio: **VEDRETTA ALTA** sinonimi: Hohen Ferner, Langhen Ferner, Konzen Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 22	n° cat. C.G.I. : 730	Coordinate UTM: 32 TPS 2925 4645
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: montano	forma: pianalto
alimentazione: diretta (e valanghe)	esposizione prevalente: Nord	
lunghezza massima (m): 2000	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3300
larghezza massima (m): 900	larghezza media (m): 500	quota della fronte (m s.l.m.): 2690
pendenza media (%):32	altitudine mediana (m s.l.m.): 3059	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2690
<b>superficie totale (kmq): 1,438</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,015	superficie incerta (kmq):
snow-line (m s.l.m.): 3180 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 1,045	AAR: 26
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,312	altitudine mediana (m. s.l.m.): +/- 0	quota fronte (m s.l.m.): + 20

Questo ghiacciaio può vantare una serie quasi ininterrotta di osservazioni e misure dal 1923 a oggi. In particolare è stata seguita la fase di avanzata che, iniziata negli Anni Sessanta, si è improvvisamente conclusa nel 1985. Di questo episodio rimane traccia in un continuo argine morenico frontale, in progressivo smantellamento, e in una morena laterale molto meno evidente. La piccola colata di NW si è esaurita e ora il ghiaccio defluisce solo verso la lingua settentrionale. La principale riduzione areale negli ultimi quindici anni si è verificata nel settore sinistro, fino alle quote più elevate del bacino in prossimità del passo omonimo. Qui è in atto la riduzione di un modesto settore, attorno a quota 3100 m, che si sta gradatamente ricoprendo di detrito. Dai confronti fotografici e dai diversi rilievi è possibile valutare in circa 25 m la riduzione di spessore della lingua nella fascia attuale dei 2800 m di quota. Un altro aspetto significativo riguarda la totale deglaciazione della parete NW di cima Venezia (3386 m), massima elevazione del bacino. Da rilevare come l'altitudine mediana del ghiacciaio sia rimasta costante, a 3059 m sia nel 1980 sia nel 1999.



Ghiacciaio: **Glacionevato 23**

Codice WGI: I-4L00 1121 23	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 2835 4645
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: NW	
<b>superficie totale (kmq):</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,135	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

All'epoca dei rilievi del WGI era costituito da una vasta e omogenea estensione di nevato. Oggi è scomparso.

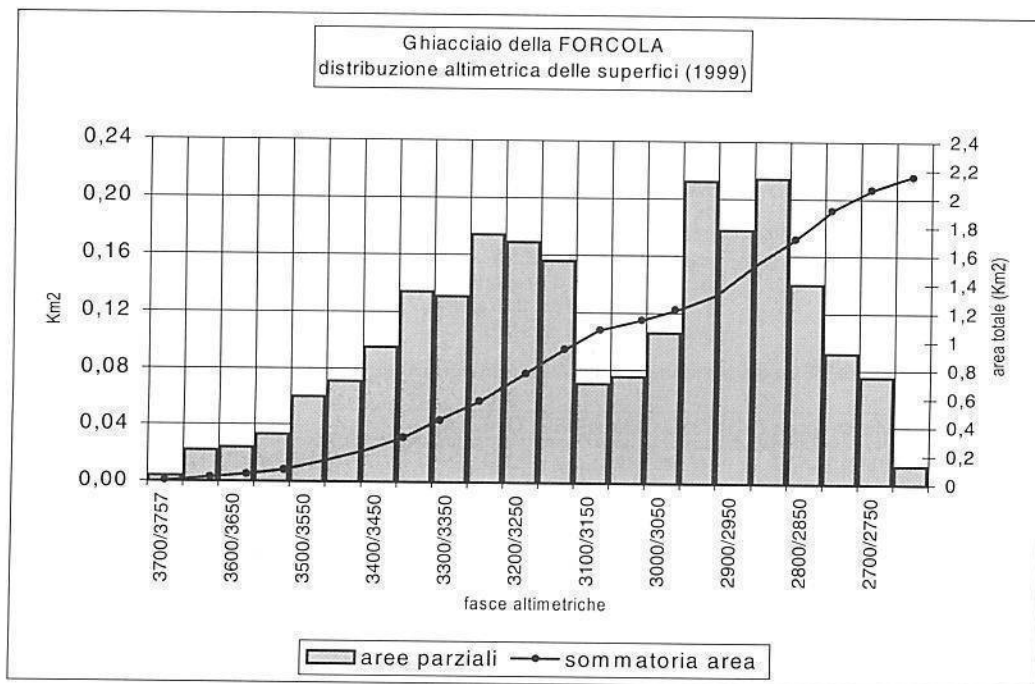
Ghiacciaio: **Glacionevato del PASSO della VEDRETTA ALTA**

Codice WGI: I-4L00 1121 24	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM: 32 TPS 2822 4612
Base cartografica: CT 10.000 2509	tipo: glacionevato	forma: -
alimentazione: valanghe e diretta	esposizione prevalente: Nord	
lunghezza massima (m): 400	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3120
larghezza massima (m): 150	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2970
pendenza media (%):40	altitudine mediana (m s.l.m.): 3090	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2970
<b>superficie totale (kmq): 0,040</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):
snow-line (m s.l.m.): 3100 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,036	AAR: 10
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,10	altitudine mediana (m. s.l.m.): - 5	quota fronte (m s.l.m.): + 95

Dalle testimonianze iconografiche degli Anni Trenta si rileva come questa massa fosse di estensione ben maggiore e si collegasse senza soluzione di continuità con il corpo della Vedretta Alta. All'epoca dei rilievi del WGI si presentava isolata, e sembrava possedere i caratteri di un vero e proprio ghiacciaio. Attualmente l'unità attraversa una fase di forte riduzione che, data l'intensità del fenomeno, parrebbe preludere alla sua definitiva scomparsa. Sulla superficie si notano piccole crepacciature centrali. Scarsa neve residua.

Ghiacciaio: <b>FORCOLA</b>		sinonimi: Vedretta del Cevedale, Zufall Ferner, Furkeleferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 25	n° cat. C.G.I. : 731	Coordinate UTM: 32 TPS 2692 4600	
Base cartografica: CT 10.000 2412-16	tipo: vallivo	forma: semplice	
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: NE		
lunghezza massima (m): 3450	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3757	
larghezza massima (m): 1150	larghezza media (m): 600	quota della fronte (m s.l.m.): 2670	
pendenza media (%): 33	altitudine mediana (m s.l.m.): 3114	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2675	
<b>superficie totale (kmq): 2,248</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,006	superficie incerta (kmq): 0,0	
snow-line (m s.l.m.): 3230 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 1,498	AAR: 33	
rock glacier: no	superficie:	quota minima fronte (m s.l.m.):	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,272	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 9	quota fronte (m s.l.m.): + 20	

L'effetto visibile più evidente della variazione della massa di questo grande ghiacciaio, se pure non esattamente quantificabile, è la diminuzione di spessore: una differenza ben percepibile dal confronto fotografico tra la situazione del 1980 e quella del 1999. Una delle conseguenze principali di tale fenomeno consiste nell'emersione di isole rocciose anche nella parte più elevata del bacino collettore. L'abbassamento della superficie è evidente anche a ridosso del tratto di cresta che dal Passo della Forcola sale fino alla Zufall Spitze. La parte terminale della lingua si presenta alquanto appiattita e caratterizzata da due grandi morene mediane, di cui quella sinistra la separa dal contiguo Ghiacciaio del Cevedale. Alla destra, sempre in questo settore, è in via di progressivo isolamento oltre che di rapida riduzione una consistente massa compresa tra i 2800 e i 2950 m di quota. Il limite altimetrico dell'innevamento residuo, pur elevato, si colloca a una quota inferiore rispetto a quella delle annate precedenti. Il nevato risulta assente. A causa dell'andamento quasi pianeggiante del letto nel settore inferiore, l'innalzamento di quota della fronte è risultato alquanto contenuto.





*Foto 9: la massiccia ed elegante mole del Monte Cevedale che ospita l'alto bacino collettore comune da cui prendono origine le 3 lingue vallive del Ghiacciaio del Cevedale, Ghiacciaio della Forcola e Vedretta Lunga. (15 settembre 1999, F. Secchieri).*

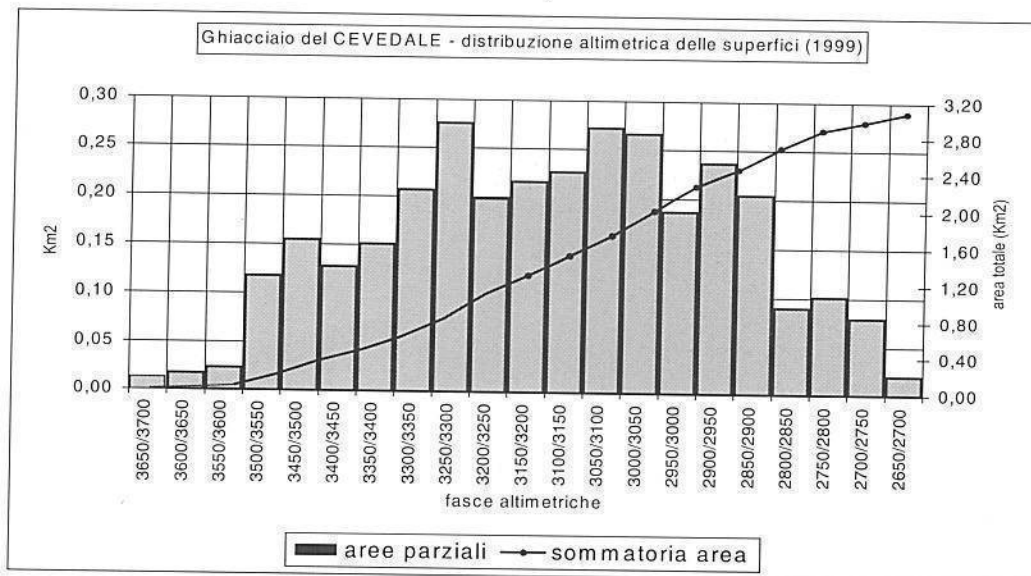


*Foto 10: il settore inferiore del Ghiacciaio della Forcola. Evidente la morena mediana che separa la sua lingua da quella del Ghiacciaio del Cevedale (a destra). (15 settembre 1999, F. Secchieri).*

Ghiacciaio: **del CEVEDALE** sinonimi: Zufall Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 26	n° cat. C.G.I. : 732	Coordinate UTM: 32 TPS 42613 4642
Base cartografica: CT 10.000 2412-16	tipo: vallivo	forma: semplice
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: Est	
lunghezza massima (m): 3600	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3700
larghezza massima (m): 1800	larghezza media (m): 800	quota della fronte (m s.l.m.): 2685
pendenza media (%): 29	altitudine mediana (m s.l.m.): 3138	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2685
<b>superficie totale (kmq): 3,185</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0	superficie incerta (kmq): 0
snow-line (m s.l.m.): 3260 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 2,125	AAR: 33
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,015	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 60	quota fronte (m s.l.m.): + 50

E' l'apparato glaciale più esteso della Val Martello e uno dei maggiori dell'intero Gruppo dell'Ortles Cevedale. Pur essendo considerata una unità a sé stante, il Ghiacciaio del Cevedale è in realtà solo una delle colate che scendono dal Monte omonimo, collegata nella sua parte più alta al bacino collettore di altri flussi, non tutti tributari della Val Martello. Al fine di operare con omogeneità nella definizione e interpretazione dei dati, nel disegnare le aree di appartenenza delle superfici si è mantenuta la medesima traccia di separazione dei bacini afferenti alle diverse lingue che era stata impostata nel WGI, pur in presenza di una cartografia di maggior dettaglio. Dal confronto con i parametri del WGI risultano alcune evidenze, quali la minima differenza di area e il sensibile innalzamento dell'altitudine mediana. Ciò può essere dovuto, almeno in parte, alla riduzione di superficie per il solo ritiro della fronte e a una diminuzione di spessore nella parte più elevata del bacino, con conseguente migrazione delle isoipse verso il basso. La fronte, dopo essere arrivata ad affacciarsi sulla parete rocciosa incombente sul Lago dei Detriti, si è nuovamente ritirata sul pianeggiante terrazzo, dove la morfologia tipica dell'ambiente pro- e periglaciale è in rapida evoluzione.



Ghiacciaio: **VEDRETTA LUNGA (lingua destra)** sinonimi: di Cima Tre Cannoni

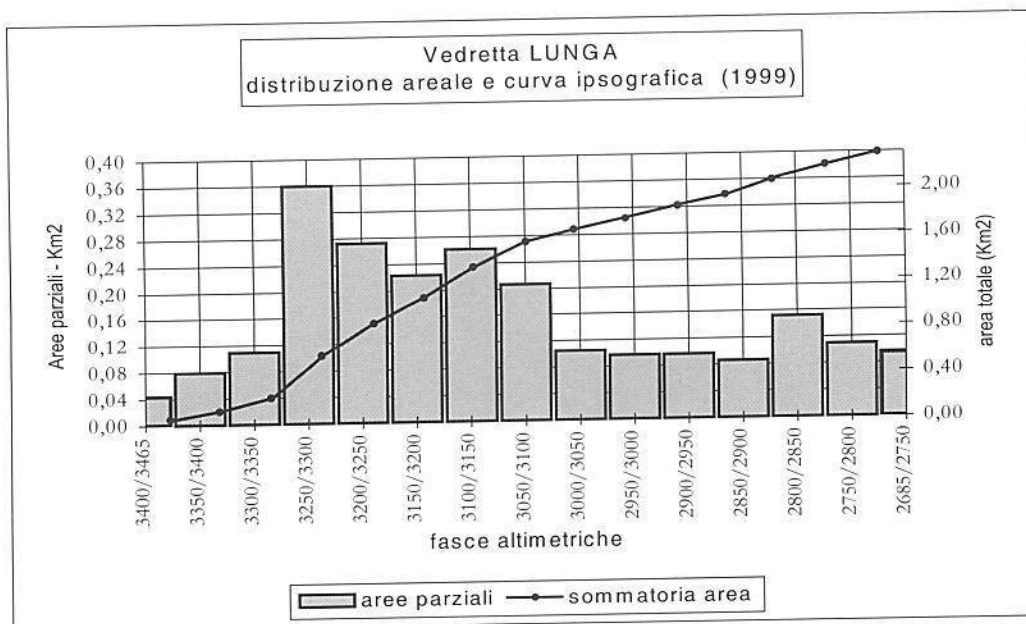
Codice WGI: I-4L00 1121 27	n° cat. C.G.I. : (733)	Coordinate UTM: 32 TPS 2490 4718
Base cartografica: CT 10.000 2412	tipo: montano	forma: circo
alimentazione: diretta (e valanghe)	esposizione prevalente: Est	
lunghezza massima (m): 1080	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3280
larghezza massima (m): 750	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 2740
pendenza media (%): 58	altitudine mediana (m s.l.m.): 3038	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2740
<b>superficie totale (kmq): 0,456</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,025	superficie incerta (kmq):
snow-line (m s.l.m.): 3160 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,351	AAR: 23
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,164	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 14	quota fronte (m s.l.m.): + 25



Questa unità fa parte del grande complesso glaciale del Cevedale, essendo compresa tra la Vedretta Lunga, a sinistra, e la lingua del Ghiacciaio del Cevedale, a destra. Il suo graduale declino, soprattutto in spessore, ne sta però provocando il progressivo isolamento: in particolare si osserva l'emersione di una cresta rocciosa sommitale che va a costituirsi come spartiacque tra la colata e la restante parte del bacino glaciale. Anche la massa che occupa il vasto altopiano superiore è in fase di affievolimento e ciò contribuisce a diminuire ulteriormente il flusso diretto a questa colata. Il settore inferiore termina con un lobo di spessore molto ridotto e in buona parte ricoperto di detrito. Abbondante morena superficiale occupa anche l'area sottostante la parete rocciosa che delimita il fianco destro. Le attuali condizioni avvalorano la scelta fatta nel 1980, relativa alla classificazione per il WGI, di considerare questa colata come una unità a sé stante.

Ghiacciaio:	<b>LUNGA</b>	sinonimi: Langhenferner
Codice WGI: I-4L00 1121 28	n° cat. C.G.I.: 733	Coordinate UTM: 32 TPS 2450 4800
Base cartografica: CT 10.000 2412	tipo: vallivo	forma: semplice
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: NE	quota massima (m s.l.m.): 3310
lunghezza massima (m): 2800	lunghezza media (m): 2500	quota della fronte (m s.l.m.): 2670
larghezza massima (m): 1000	larghezza media (m): 450	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 2700
pendenza media (%): 23	altitudine mediana (m s.l.m.): 3103	superficie incerta (kmq): 0,012
<b>superficie totale (kmq): 2,292</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,025	AAR: 24
snow-line (m s.l.m.): 3270 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 1,725	quota minima fronte (m s.l.m.):
rock glacier: no	superficie:	quota fronte (m s.l.m.): + 30
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,333	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 41	

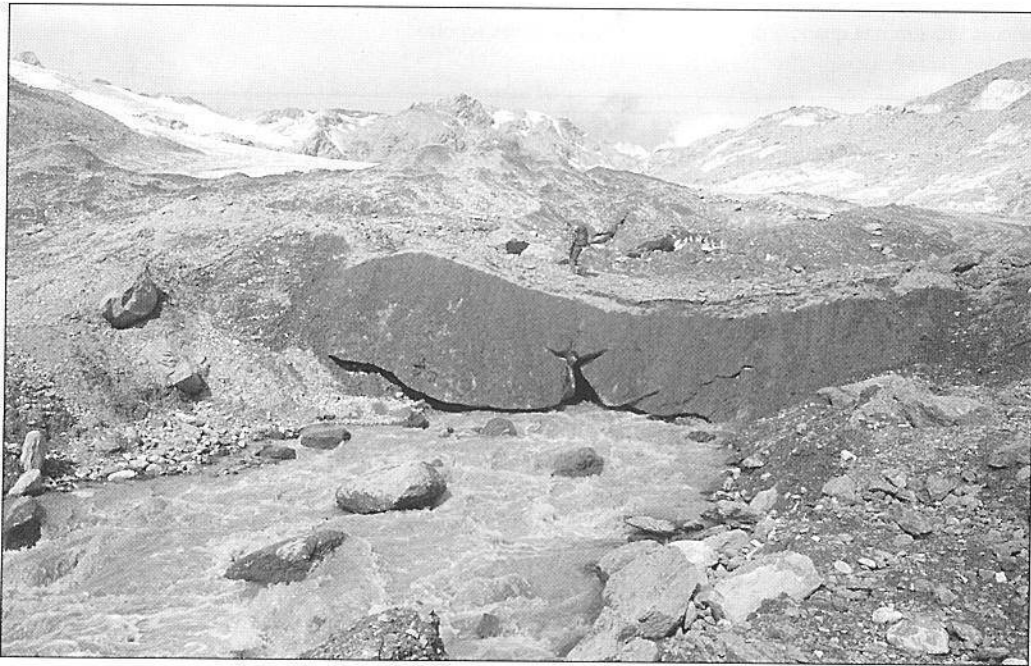
Delle quattro colate che scendono dal Cevedale verso la Val Martello questa è quella che ha subito il maggior decremento rispetto alla situazione dei primi Anni Ottanta. Le variazioni più sensibili riguardano la lingua e il settore di sinistra del bacino superiore, nei pressi del Passo del Lago Gelato. La reale entità della riduzione della massa supera di molto quella suggerita dal confronto tra le superfici: una prova più che evidente è costituita dalla vistosa emersione di isole rocciose soprattutto nella parte mediana, in corrispondenza di un gradino roccioso del letto, tra i 3000 e i 3100 m di quota. Rilevante anche il restringimento, quasi una strozzatura, della lingua valliva verso q. 2900 m, in una zona dove tutto lascia presumere che, stante l'attuale ritmo di riduzione, tra qualche tempo potrà attuarsi l'isolamento della parte residua della massa a valle, già ora non più alimentata. Al di sotto del detrito della morena laterale destra, in zona frontale, potrebbe permanere ancora una discreta quantità di ghiaccio morto, totalmente sepolto.







*Foto 11: l'ampio margine proglaciale, lungo circa un chilometro, visto dalla superficie della Vedretta Lunga poco sopra l'attuale fronte. Sulla destra si nota la morena laterale relativa alla Piccola Età Glaciale. Ancora nel 1930 la lingua occupava completamente l'area proglaciale, fino al gradino roccioso visibile al centro. Sullo sfondo il Gruppo delle Cime Venezia con i suoi ghiacciai. (agosto 1999, F. Secchieri).*



*Foto 12: l'attuale, caotico aspetto della fronte della Vedretta Lunga. (agosto 1999, F. Secchieri).*

Ghiacciaio: **del LAGO GELATO**

Codice WGI: I-4L00 1121 29	n° cat. C.G.I. : 734	Coordinate UTM: 32 TPS 2400 4900
Base cartografica: CT 10.000 2412	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: SE	quota massima (m s.l.m.):
lunghezza massima (m):	lunghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.):
larghezza massima (m):	larghezza media (m):	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.):
pendenza media (%):	altitudine mediana (m s.l.m.):	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,02</b>	superficie coperta di morena (kmq):	AAR:
snow-line (m s.l.m.): (15/09/99)	superficie ablazione (kmq):	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,38	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

Il grande circo che si apre a SE della ampia ed elevata cresta compresa tra la Punta del Lago Gelato (3241 m) e la piatta Cima Pozzo (3298 m) ospita solo alcune isolate placche di neve residua. La loro superficie complessiva raggiunge i due ettari e viene conteggiata ai soli fini statistici, non rivestendo al momento alcun interesse glaciologico. Si annota la presenza di alcune sorgenti di notevole portata, ubicate sulla fascia medio elevata, tra i 3000 e 3100 m di quota, alla base di estesi pendii di detrito.

Ghiacciaio: **del POZZO (circo di SW)** sinonimi: Butzen Ferner

Codice WGI: I-4L00 1121 30	n° cat. C.G.I. : 735	Coordinate UTM: 32 TPS 2495 4930
Base cartografica: CT 10.000 2412	tipo: montano	forma: circo
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: SE	quota massima (m s.l.m.): 3200
lunghezza massima (m): 400	lunghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 3040
larghezza massima (m): 250	larghezza media (m):	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 3040
pendenza media (%):	altitudine mediana (m s.l.m.): 3120	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,080</b>	superficie coperta di morena (kmq):	AAR: 12
snow-line (m s.l.m.): 3180 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0,070	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,110	altitudine mediana (m. s.l.m.): + 9	quota fronte (m s.l.m.): + 92

Il corpo glaciale è ridotto a una placca di ghiaccio adagiata sul versante di NE delle Crode di Dentro. La superficie presenta alcune caratteristiche zonature centrali. Modesta area di accumulo nella fascia superiore.

Ghiacciaio: **del POZZO (circo di NE)**

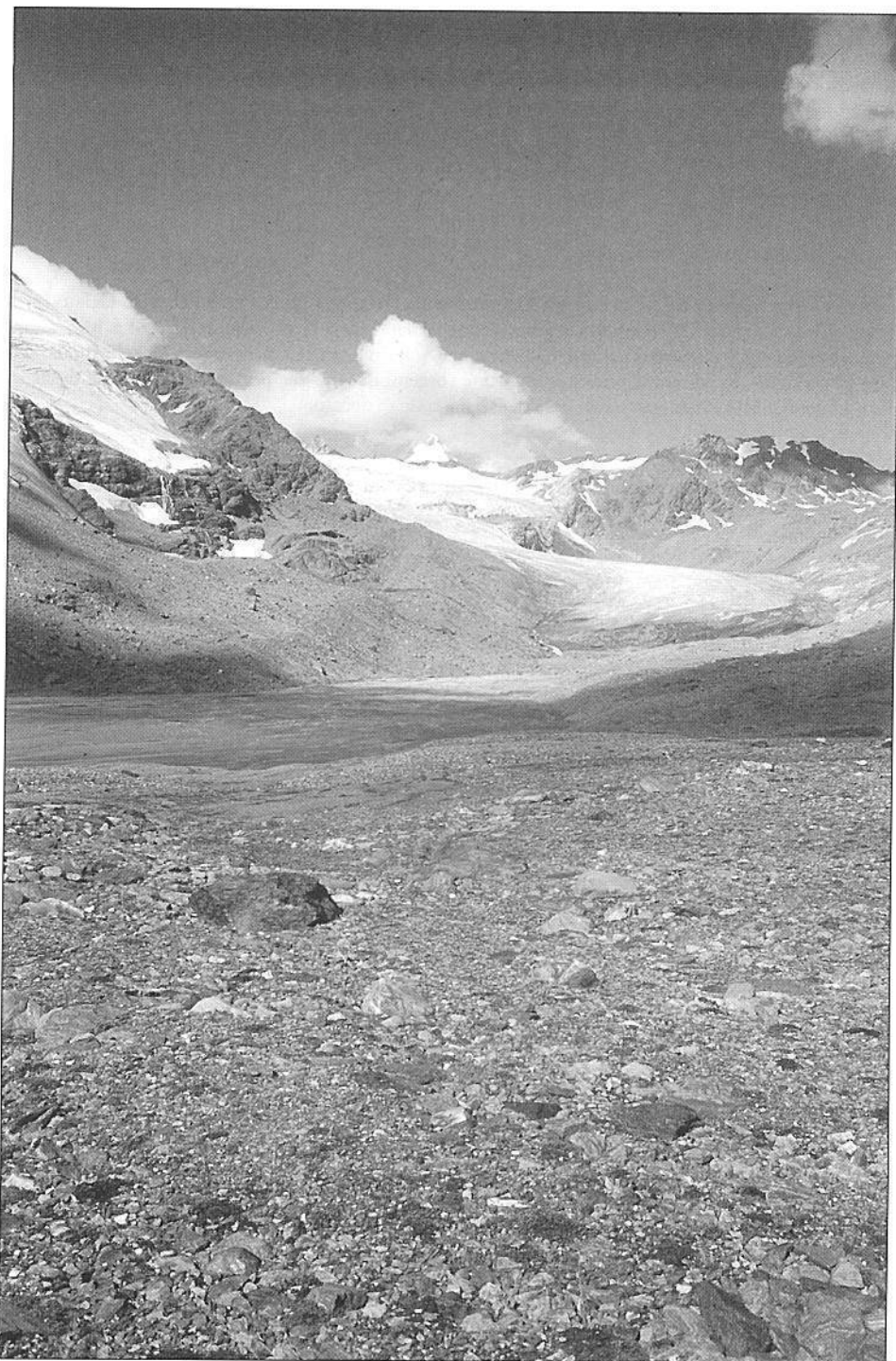
Codice WGI: I-4L00 1121 31	n° cat. C.G.I. : (735)	Coordinate UTM: 32 TPS 2525 4960
Base cartografica: CT 10.000 2412	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: SE	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,0</b>	superficie coperta di morena (kmq):	quota fronte (m s.l.m.): 2950
rock glacier: si	superficie:	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,13	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

Il circo di NE alla testata della Valle del Pozzo è oggi deglacializzato: esso ospita solo piccole placche di nevato. Ghiaccio morto, obliterato da detrito, permane tra i 3000 e i 3100 m di quota, al centro del vallone. Nel Catasto CGI il Gh. del Pozzo è considerato estinto mentre il Desio (1967) lo riconosce ancora come esistente: negli Anni Trenta le masse presenti nei due circhi erano congiunte al di sotto dello sperone centrale della Cima Pozzo. Nel WGI è stato inventariato a parte, non esistendo più allora (1980) alcun collegamento.

Ghiacciaio: **Glacionevato di CIMA MADRICCIO**

Codice WGI: I-4L00 1121 32	n° cat. C.G.I. : 736	Coordinate UTM: 32 TPS 2542 5015
Base cartografica: CT 10.000 2412	tipo: non esistente	forma: -
alimentazione: valanghe e diretta	esposizione prevalente: E	superficie incerta (kmq):
<b>superficie totale (kmq): 0,0</b>	superficie coperta di morena (kmq):	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>	
superficie (kmq): - 0,09	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):

Nel WGI è considerato come una unità separata dal Ghiacciaio del Madriccio, da cui era in effetti diviso da una modesta cresta rocciosa. Nello stesso punto anche la Carta Tecnica della Provincia di Bolzano indica una placca ghiacciata, di cui però non si è trovata traccia al momento dei rilievi del 1999.



*Foto 13: il lungo, pianeggiante margine proglaciale antistante la lingua della Vedretta Lunga. Quest'area era completamente occupata dalla colata ancora agli inizi degli Anni Trenta. Sulla sinistra è visibile la più piccola colata, in parte autonoma, che scende dal circo di Cima Tre Cannoni. (15 settembre 1999, F. Secchieri).*

Ghiacciaio:	<b>di CIMA MADRICCIO</b>	sinonimi: Vedretta di Cima Madriccio, Madritsch Ferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 33	n° cat. C.G.I. : 736	Coordinate UTM: 32 TPS 2555 5055	
Base cartografica: CT 10.000 2412-08	tipo: non esistente	forma: -	
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: E		
<b>superficie totale (kmq): 0,0</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
rock glacier: si	superficie: -		
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,210	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	

Nel 1980 sul versante orientale del Passo Madriccio era presente una estesa massa di nevato, oggi scomparsa.

Ghiacciaio:	<b>Glacionevato 34</b>	sinonimi: -	
Codice WGI: I-4L00 1121 34	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM:	
Base cartografica: CT 10.000 2408-12	tipo: non esistente	forma: -	
alimentazione: diretta (e valanghe)	esposizione prevalente: S		
<b>superficie totale (kmq): 0,0</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
	superficie: -		
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,08	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	

Sul pendio a Sud di Punta Peder di Dentro, oltre i 3000 m di quota, è visibile solo qualche piccola e isolata placca di neve residua, senza alcun interesse.

Ghiacciaio:	<b>PEDER di DENTRO</b>	sinonimi: Innerer Peder Ferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 35	n° cat. C.G.I. : 737	Coordinate UTM: 32 TPS 2600 5252	
Base cartografica: CT 10.000 2408	tipo: non esistente	forma: -	
alimentazione: valanghe	esposizione prevalente: E		
<b>superficie totale (kmq): 0,015</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
	superficie: -		
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,125	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	

Sono presenti alcune placche non significative di neve residua, per una superficie complessiva che non arriva a 2 ha. Da segnalare la presenza di una consistente placca di nevato e neve vecchia, di 0,04 Km<sup>2</sup> di superficie, alimentata da valanghe, sul fondo dell'attiguo circo scavato a SE della Punta Peder di Dentro.

Ghiacciaio:	<b>PEDER di MEZZO</b>	sinonimi: Vedretta della Pedra, Mittlerer Peder Ferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 36	n° cat. C.G.I. : 738	Coordinate UTM: 32 TPS 2700 5400	
Base cartografica: CT 10.000 2408	tipo: glacionevato	forma: gruppo di piccole formazioni	
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: SE		
lunghezza massima (m):	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3370	
<b>superficie totale (kmq): 0,114</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
rock glacier: si	superficie: -	quota fronte (m s.l.m.): 2750	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,286	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	

L'unità si presenta frammentata anche all'interno dei due circhi che la ospitano, separati dall'ampio crestone che scende verso SE dalla Punta dello Scudo. Nel circo di destra è visibile una estesa placca di ghiaccio vivo, associata a numerose altre masse di nevato e neve residua, che raggiungono una estensione complessiva di 0,04 Km<sup>2</sup>. Ancora più vasta la placca di ghiaccio adagiata, con esposizione verso W, sul versante che sostiene la cresta Sud della Punta Peder di Mezzo. Da quest'ultimo circo si sviluppa un grande rock glacier, lungo oltre 1300 metri. La sua lingua mantiene una larghezza media di circa 200 m; si biforca attorno ai 2900 m di quota, scendendo poi con il lobo di destra fino a terminare a 2750 m, dove presenta una evidente fronte attiva.

Ghiacciaio:	<b>PEDER di FUORI</b>	sinonimi: Ausserer Pederferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 37	n° cat. C.G.I. : 739	Coordinate UTM: 32 TPS 2787 5393	
Base cartografica: CT 10.000 2408	tipo: non esistente	forma: -	
alimentazione: valanghe e diretta	esposizione prevalente: S		
<b>superficie totale (kmq): 0,0</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
rock glacier: si	superficie: -	quota fronte: 2800	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,16	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	





*Foto 14: nel settore centrale del circo che ospitava il Ghiacciaio di Liji si sviluppa un rock glacier che scende con la fronte fino alla quota di 2570 m. Sono visibili i due laghi morenici, la cui esistenza è molto probabilmente spiegabile con la presenza di un fondo impermeabile costituito da ghiaccio. (15 settembre 1999, F. Secchieri).*

Nel circo che nel 1980 ospitava una estesa, se pure poco omogenea, massa di nevato non è stata osservata alcuna placca residua. A valle si sviluppa un modesto rock glacier che si spinge fino a 2800 m di quota.

Ghiacciaio: <b>LIFI</b>		sinonimi: Vedretta di Livi, Lyfiferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 38	n° cat. C.G.I. : 740	Coordinate UTM: 32 TPS 2890 5440	
Base cartografica: CT 10.000 2505	tipo: glacionevato e rock glacier	forma: -	
alimentazione: diretta e valanghe	esposizione prevalente: SE		
<b>superficie totale</b> (kmq): <b>0,02</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
rock glacier: si	superficie: -	quota fronte (m s.l.m.): 2570	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,22	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	

Del glacionevato che negli Anni Ottanta si estendeva nel circo a SE del Passo Livi con una superficie di 0,24 Km<sup>2</sup> oggi non rimangono che alcune frammentate placche di nevato e di neve residua (0,02 Km<sup>2</sup>). Dal circo si origina il più esteso e significativo rock glacier di tutta la Val Martello, la cui fronte, attiva, si pone a 2570 m di quota. Nel settore mediano della colata, a q. 2970 m, si notano due piccoli laghi semicomunicanti (90 x 200 m). Un livello impermeabile di fondo (ghiaccio sepolto?) è la possibile spiegazione della loro persistenza.

Ghiacciaio: <b>Glacionevato del DENTE di SLUDER</b>			
Codice WGI: I-4L00 1121 39	n° cat. C.G.I. :	Coordinate UTM:	
Base cartografica: CT 10.000 2508	tipo: glacionevato e rock glaciers	forma: -	
alimentazione: valanghe	esposizione prevalente: SE		
<b>superficie totale</b> (kmq): <b>0,040</b>	superficie coperta di morena (kmq):	superficie incerta (kmq):	
rock glacier : si	superficie (kmq) : 0,065	quota fronte (m s.l.m.) : 2890	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,15	altitudine mediana (m. s.l.m.):	quota fronte (m s.l.m.):	

Il circo che ospita l'unità è caratterizzato dalla presenza di ben tre rock glaciers. Il più interessante sotto il profilo morfologico quello centrale, del quale è possibile riconoscere con buona precisione i contorni e calcolare quindi la superficie complessiva. Una seconda colata detritica prende origine dal versante tra Punta Livi e Forcella di Lasa e si spinge fino a circa 2750 m di quota. Il terzo, forse il più vasto, è nel settore di sinistra e spinge la sua lingua presumibilmente fino alla quota di 2640 m. Della preesistente unità glaciale permangono alcune placche di nevato e neve residua, sparse sull'intera area del circo.

Ghiacciaio: <b>SLUDER</b>		sinonimi: Rosim Ferner	
Codice WGI: I-4L00 1121 40	n° cat. C.G.I. : 741	Coordinate UTM: 32 TPS 3075 5625	
Base cartografica: CT 10.000 2505	tipo: montano	forma: circo	
alimentazione: diretta	esposizione prevalente: EST		
lunghezza massima (m): 250	lunghezza media (m):	quota massima (m s.l.m.): 3100	
larghezza massima (m): 450	larghezza media (m):	quota della fronte (m s.l.m.): 3005	
pendenza media (%): 41	altitudine mediana (m s.l.m.): 3060	q. min. ghiaccio scoperto (m s.l.m.): 3005	
<b>superficie totale</b> (kmq): <b>0,070</b>	superficie coperta di morena (kmq): 0,020	superficie incerta (kmq): 0,010	
snow-line (m s.l.m.): > 3100 (15/09/99)	superficie ablazione (kmq): 0	AAR: 0	
	<b>variazioni dal 1980 al 1999</b>		
superficie (kmq): - 0,085	altitudine mediana (m. s.l.m.): - 20	quota fronte (m s.l.m.): + 30	

L'unità è costituita da una placca di ghiaccio che mostra di essere in una fase di forte riduzione e progressivo ricoprimento detritico. Singolare l'abbassamento della altitudine mediana, che trova spiegazione nella maggiore riduzione di superficie alle quote più elevate, a causa delle particolari caratteristiche topografiche e di esposizione.





## OTTOBRE 1999: IL CROLLO DELLA FRONTE PENSILE DEL GHIACCIAIO DEL PALON DE LA MARE

(Ortles-Cevedale lombardo)

### 1 - IL GHIACCIAIO DEL PALON DE LA MARE

Il Ghiacciaio del Palon de la Mare è un apparato di medie dimensioni (133 ha nel 1998) che ammantava il versante occidentale dell'omonima montagna (3703 m), di cui occupa per intero il tranquillo ed elevato circo sommitale (3400-3550 m). Da questo bacino di accumulo si origina una potente colata a debole inclinazione (19-20°) che, dopo aver curvato decisamente a SW, percorre il sottostante vallone diagonale in direzione della seraccata della lingua orientale del Ghiacciaio dei Forni, nella quale confluiva sino ai primi Anni Quaranta. E' quindi un apparato frutto di smembramento: anche nella Piccola Età Glaciale, quando era in effetti una propaggine del secondo ghiacciaio italiano per estensione, manteneva comunque una propria spiccata individualità. Attualmente è contraddistinto dal numero di catasto 507.0.

La fronte principale, sfrangiata e appiattita dal ritiro, si arresta ora a 2900 m di quota. Sul finire degli Anni Settanta il ghiacciaio ha segnato un deciso progresso, che ha portato la propaggine sinistra a poche decine di metri dal ricongiungimento con il bordo laterale del Ghiacciaio dei Forni. Complessivamente stazionario nella prima metà degli Anni Ottanta, dopo il 1987 l'apparato ha iniziato a ritirarsi nuovamente: nel decennio 1990-1999, secondo le misure del Servizio Glaciologico Lombardo e del Comitato Glaciologico Italiano, la fronte è arretrata di 148 m (fig. 1), con valori massimi per il triennio 1996-1998 (41 m nel solo 1997). Potendosi ipotizzare, viste le dimensioni (2,3 km di lunghezza) e la altitudine mediana (3300 m circa), in circa 10 anni il tempo di risposta della fronte alle variazioni del bilancio di massa, è da ritenere che l'attuale riduzione del ritmo di regresso (- 5 m nel 1999) possa essere associata alla ripresa degli accumuli avvenuta dopo il 1992 e tuttora perdurante. Infatti, anche nelle ultime tre, pessime annate, il bacino superiore ha sempre mostrato un consistente residuo nevoso, risultando uno dei rari esempi di territorio lombardo ancora in possesso di caratteristiche climatiche glaciali. Sotto il profilo classificativo, il ghiacciaio è del tipo *montano* di forma *circo-vallone*<sup>1</sup>.

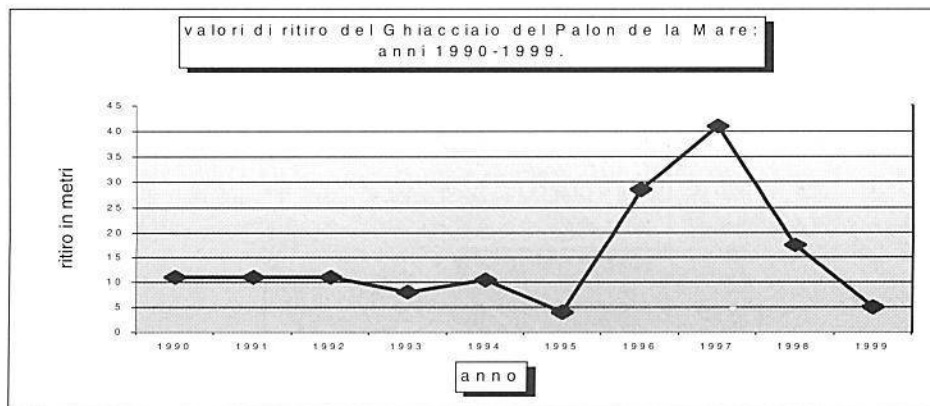


Fig. 1: valori di ritiro frontale del Ghiacciaio del Palon de la Mare nel periodo 1990-1999.

<sup>1</sup> Galluccio A. et alii (1993)

## 2 – L'EFFLUENZA DELLA VALLE DELLE ROSOLE: I CROLLI GLACIALI

A 3400 m di quota, dove il pianoro sommitale genera la lingua principale fin qui descritta, verso Nord la colata si produce in una marcata effluenza che occupa e travalica una depressione della sponda rocciosa destro-idrografica (fig. 2 e foto seguenti): la sua fronte si affaccia, sotto forma di potente falesia pensile, sul tratto medio della Valle delle Rosole e risulta ben visibile dall'Albergo dei Forni come da gran parte delle alture della Valfurva. La quota minima di questa colata si attesta a circa 3240 m.

Nel mese di marzo del 1986 un crollo parziale di seracchi innescò una valanga nubiforme che raggiunse, danneggiandoli seriamente, i fabbricati del Rif. Branca (2487 m), posti oltre 2 km più a valle della seraccata. Nell'anno successivo, in corrispondenza della confluenza della Valle delle Rosole con il solco principale, a poche centinaia di metri dal rifugio, venne costruito un sistema di argini artificiali atto al contenimento di possibili, nuovi eventi valanghivi. L'opera ha prodotto, purtroppo, un notevole anche se necessario danno ambientale.

E' soprattutto alla luce di questo importante precedente che, nell'estate del 1997, una prima segnalazione di variazione di forma dell'effluenza induce il Servizio Glaciologico Lombardo a compiere un sopralluogo ravvicinato: in tale occasione si verifica l'avvenuta apertura di nuovi crepacci nel tratto retrostante la falesia terminale, ma non si nota alcun segno di crollo imminente.

Nel mese di agosto del 1998 l'effluenza appare in decisa espansione, pur mantenendo una tranquillizzante compattezza. Il 17 agosto del 1999 i segni inequivocabili dei primi crolli (colate di detriti di ghiaccio e blocchi pallottolari) sono visibili sul sottostante conoide detritico. Di concerto con il gestore del Rif. Branca, che fornisce preziose indicazioni, si attiva così il monitoraggio fotografico dell'effluenza, del resto già iniziato il giorno 6 giugno. Vengono realizzati altri 4 controlli a distanza e due sopralluoghi (22, 26, 28 agosto, 7 e 27 settembre, 31 ottobre).

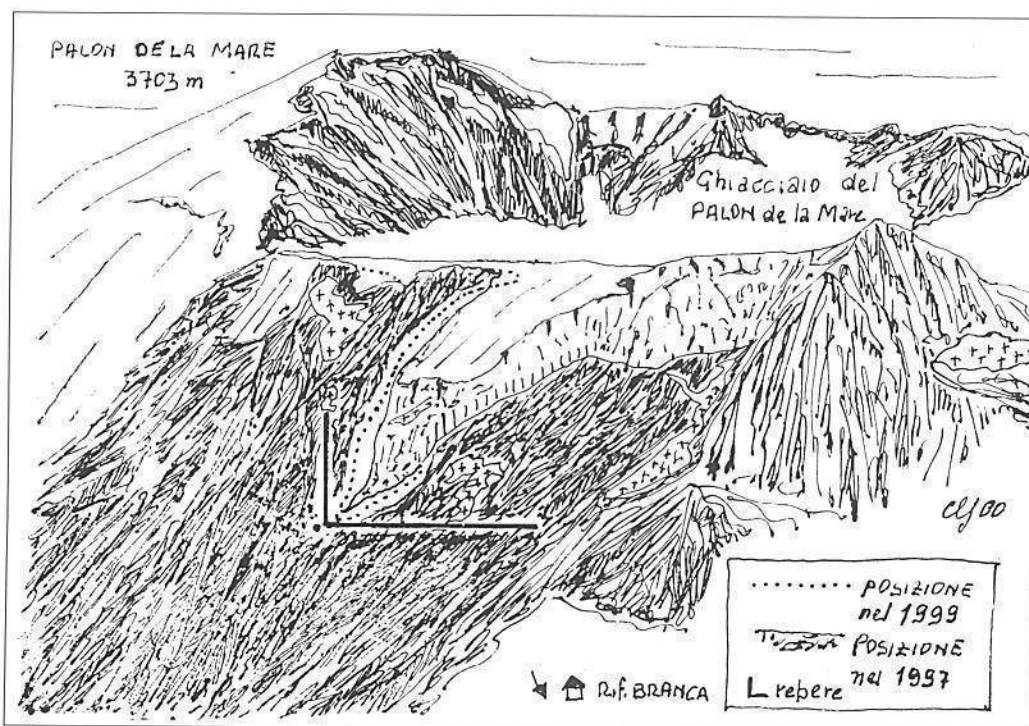


Fig. 2: schizzo della variazione volumetrica dell'effluenza settentrionale del Ghiacciaio del Palon de la Mare intervenuta tra l'estate del 1997 e quella del 1999. Il punto di riferimento (repere) per lo studio di dettaglio è rapportato con altri due caposaldi (nevai in posizione nota).



*Foto 1 e 2: l'effluenza della Valle delle Rosole del Ghiacciaio di Palon de la Mare ripresa il 6 giugno (sopra) e il 31 ottobre 1999 (sotto). Nella immagine autunnale si nota l'avvenuto crollo di parte della porzione destro-idrografica della fronte (a sinistra); visibili anche le piccole nicchie di distacco delle frane prodottesi sul lato opposto (a destra nella foto). (G. Cola).*



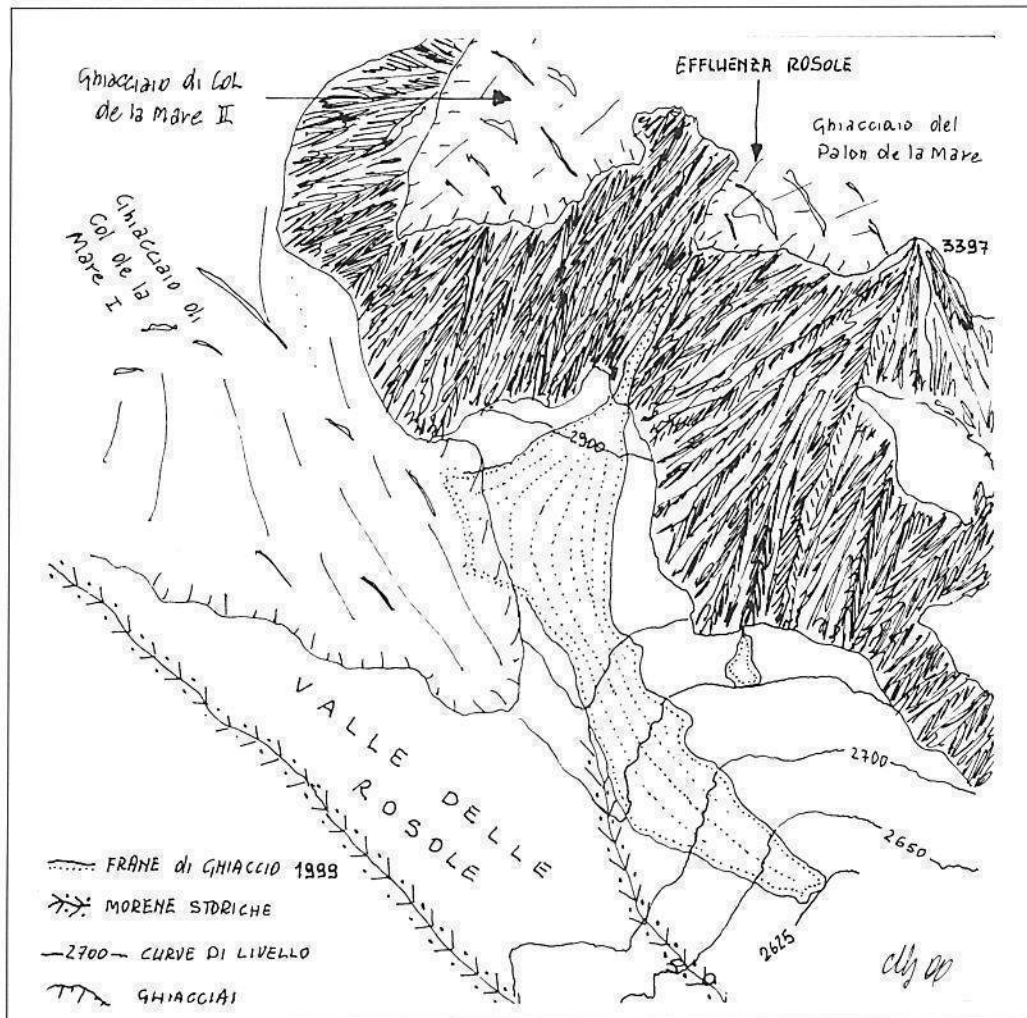
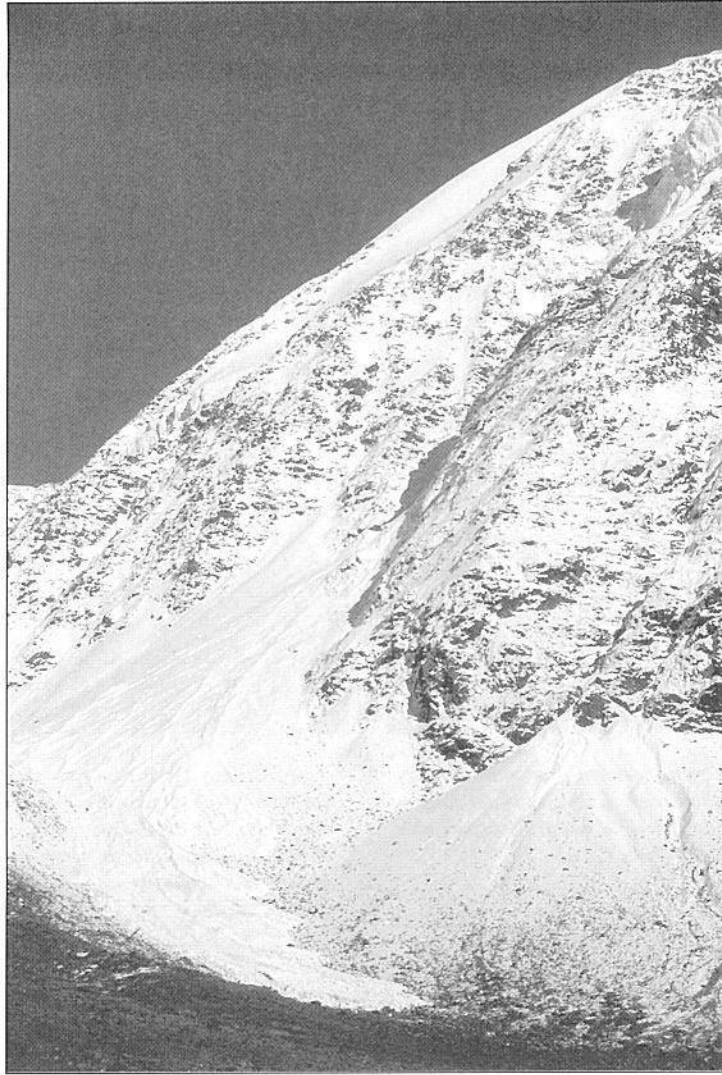


Fig.3: schema cartografico in scala 1: 10.000 della giacitura delle colate di detriti glaciali prodotte dal crollo della seraccata. Al di sotto della q. 3397 si notano i residui della piccola frana generatasi dalla porzione sinistro-idrografica della fronte.

Il 28 agosto, da una visuale laterale, appare evidente un profondo e largo crepaccio trasversale che provoca la dislocazione del tratto terminale della colata: un enorme blocco di ghiaccio, alto 90 m, largo oltre 80 e profondo 35-40, si è quasi del tutto isolato dalla retrostante massa compatta e giace in equilibrio precario. Il suo volume può essere stimato in 150.000 m<sup>3</sup>.

Vista l'ampiezza e le caratteristiche del rilievo montuoso sottostante la fronte pensile, che non è percorso da tracciati escursionistici, non sono da ritenersi probabili ulteriori danni alle infrastrutture o alle persone in caso di crolli, anche di vaste proporzioni. A meno che le frane di ghiaccio non si verificano nella stagione invernale o primaverile, quando, come noto nel caso specifico, risulta possibile l'innescarsi di valanghe: queste possono percorrere tratti di terreno più lunghi e raggiungere luoghi assai distanti dal punto di origine.

Il 7 settembre Giuseppe Cola raggiunge la seraccata percorrendo le rocce della costa rocciosa laterale destro-idrografica: il crepaccio è ora largo oltre 25 m e solca la colata quasi a tutto spessore, mentre il grande blocco di ghiaccio staccato si è inclinato verso monte.

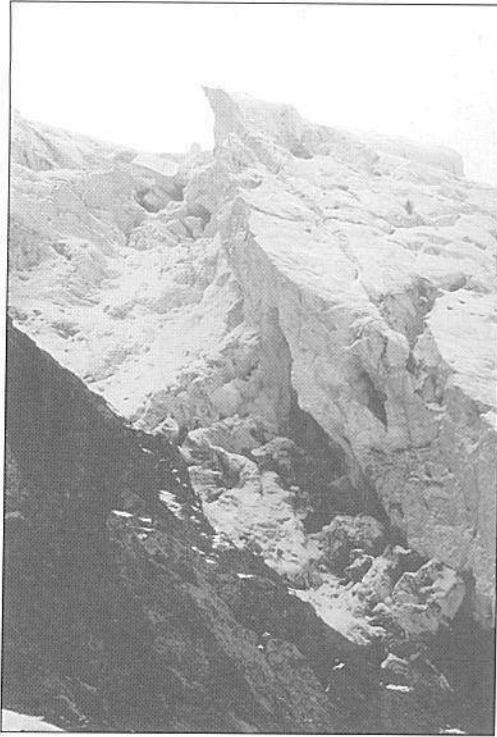


*Foto 3: le valanghe di ghiaccio prodotte dai crolli del mese di ottobre 1999 coperte da neve recente. Quella principale (in basso a sinistra) occupa gran parte del vallone sottostante le pareti rocciose. In alto a destra è visibile la fronte seraccata dell'effluenza (31 ottobre 1999, G. Cola).*

Il suo asse verticale è adagiato a circa  $60^\circ$ , ponendosi così nelle condizioni migliori per “partire”: la base del seracco appare costituita da uno strato di 2-3 m di ghiaccio frantumato, frutto del conflitto tra l'attrito con le rocce del substrato e la trazione tangenziale della massa in via di accelerazione, che forma un vero e proprio piano di scorrimento (foto 4 e 5).

A questo punto il crollo appare imminente. E invece bisogna attendere la terza decade di ottobre: l'evento si produce tra il 23 e il 25 del mese (con tutta probabilità il 25.10). L'osservazione compiuta pochi giorni più tardi (31.X) evidenzia un vasto ammasso di detriti glaciali disposto a ricoprire il conoide e gran parte della valletta situati alla base della bastionata rocciosa. La frana di ghiaccio è di dimensioni considerevoli: lunga oltre 1100 m, si estende per 300 m di dislivello e presenta una larghezza media di 120 m (fig. 2 e foto 3).





*Foto 4: il grande crepaccio trasversale che separa la parte compatta della colata (a sinistra, sullo sfondo) dal blocco in procinto di crollare (al centro e a destra) che appare assai inclinato. (7 settembre 1999, G. Cola).*



*Foto 5: il seracco prossimo a franare presenta ormai un'inclinazione subparallela al pendio; si nota il piano di scorrimento costituito dallo strato di ghiaccio basale frantumato dal conflitto tra attrito con il fondo roccioso e trazione della massa in via di scivolamento (7 settembre 1999, G. Cola).*

La sua fronte, di spessore plurimetrico, si arresta a 2625 m di quota. Il crollo principale si è espresso, con tutta probabilità, in più episodi successivi, comunque ravvicinati. Una seconda e più piccola colata di blocchi di ghiaccio è visibile anche al di sotto del lungo canale di scolo della porzione sinistro-idrografica della seraccata, dove questo dà origine a un secondo conoide detritico: tale rilievo attesta di altre frane parcellari staccatesi in più punti dalla falesia di ghiaccio.

L'analisi di dettaglio permette di stabilire che il crollo non ha interessato l'intero blocco dislocato a valle del crepaccio trasversale ma solo la sua parte più esposta, un banco di ghiaccio a forma di tronco di piramide rovesciata (fig. 4) con le seguenti dimensioni massime: altezza 77 m, profondità 25-30 m, larghezza 53 m. La massa di distacco è stimabile, fatte le debite considerazioni geometriche sulla struttura residuale, in 40-50.000 m<sup>3</sup> di ghiaccio.

Le caratteristiche descritte permettono alla frana di ghiaccio del Ghiacciaio del Palon de la Mare di competere con i crolli del 1997 della fronte del Ghiacciaio di Rasica Est per il primato di maggior evento lombardo di questo tipo negli ultimi decenni.

### 3 – IPOTESI SULLE CAUSE E SULLE MODALITA' DEL CROLLO GLACIALE

L'iconografia fotografica relativa alla effluenza settentrionale del Ghiacciaio del Palon de la Mare ci consegna un rilievo importante: anche nelle immagini di fine-Ottocento<sup>2</sup>, quando, per intendersi, la lingua del Ghiacciaio dei Forni era più lunga di 1,5 km, la fronte dell'effluenza appare sempre pensile, stabile sulle posizioni odierne, fatto che suggerisce come, raggiunto un determinato punto della bastionata rocciosa, non le sia possibile un ulteriore progresso ma solo il crollo a valle. In effetti, attorno ai 3250 m di quota, il pendio su cui poggia la colata mostra un cambio di pendenza, non vistoso ma evidentemente decisivo.

La letteratura specifica, in verità non molto estesa, indica una inclinazione media di 45° del pendio di supporto come limite per la stabilità di un ghiacciaio pensile<sup>3</sup>.

In tempi più recenti, la colata raggiunge la sua massima espansione nel 1984. Nell'immagine relativa<sup>4</sup>, sono visibili altissimi campanili di ghiaccio in procinto di franare: non a caso, forse, si ebbe, dopo 18 mesi, l'evento di crollo del 1986. Successivamente la seraccata non mostra importanti variazioni sino al 1997, quando si notano, come detto prima, i segni di un possibile incremento o comunque di una più marcata mobilizzazione.

All'inizio dell'estate 1999 si osserva un lieve scivolamento verso valle e una verticalizzazione assai marcata della falesia. In toto, inoltre, la colata appare assai turgida e rigonfia. E' quindi possibile che l'effluenza abbia reagito con un progresso ai consistenti accumuli nevosi prodottisi sul retrostante, vasto bacino di accumulo dopo il 1992 e fino a tutto il 1997.

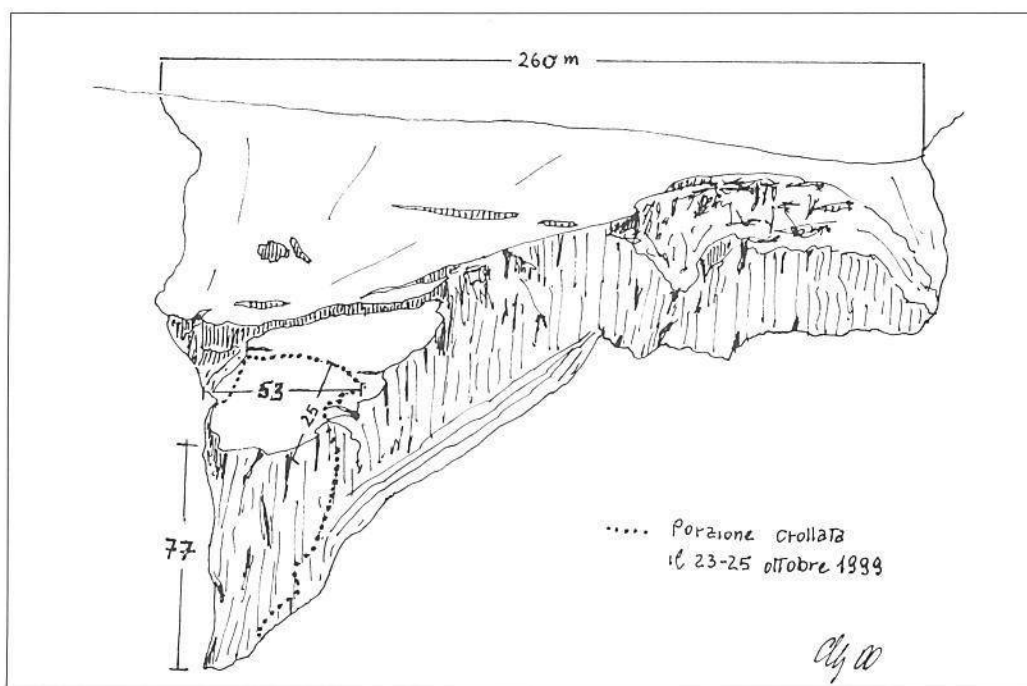


Fig. 4: nel mese di ottobre del 1999, la porzione di fronte posta a valle del grande crepaccio trasversale non crolla per intero ma solo nella sua parte anteriore. (linea tratteggiata).

<sup>2</sup> in particolare, risulta sufficientemente chiara la fotografia che compare a pag. 85 nell'edizione del 1908 de "Il Bel Paese" di Antonio Stoppani

<sup>3</sup> vedi il crollo, avvenuto il 19 agosto 1973, della colata pensile del Weisshorn (4506 m, Vallese) sul Ghiacciaio di Bis (in U.N.S.T., 1981)

<sup>4</sup> Galluccio A., Catasta G. (a cura di), 1992, p. 233

Per quanto attiene ai fenomeni di crollo del 1999, le evidenze morfologiche suggeriscono la seguente ricostruzione (fig. 5). L'incremento di massa nel bacino di accumulo produce la discesa della colata lungo il pendio (1). Raggiunto il punto critico A (2), dove l'inclinazione del versante pare aumentare, si ha una accelerazione della parte più avanzata della lingua glaciale: la differenza di velocità di scorrimento rispetto alla massa retrostante genera il grande crepaccio trasversale (B) che, invece, non si forma quando la fronte si arresta anche solo pochi metri a monte della soglia A.

Il blocco dislocato mostra inoltre una maggior velocità in superficie (2): la sua fronte, infatti, si verticalizza, disponendosi a falesia (3). Il perno di questo movimento angolare è costituito dagli strati basali che, da questo momento in poi, vengono sottoposti al conflitto tra le forze connesse all'accelerazione tangenziale della massa fuori equilibrio e quelle dell'attrito sulle rocce del substrato. Il ghiaccio posto a contatto con queste subisce quindi una importante deformazione, fino a frantumarsi (3) (vedi anche foto 4 e 5). Ridotto a blocchi di piccole dimensioni scarsamente coesi, esso diviene una sorta di superficie di scorrimento (C): la velocità della porzione profonda aumenta così sino a superare nettamente quella più superficiale (4). E' questa la probabile causa di quella sorta di ribaltamento della massa instabile che è stato possibile osservare: il blocco si corica quindi verso monte (4) e disponendosi con il suo asse maggiore subparallelo al pendio è ora nelle condizioni più idonee per scivolare a valle (5). Superate le ultime resistenze, infatti, il seracco crolla, lasciando un grosso residuo ancorato al substrato e provocando una avanzata di assestamento della porzione a monte della colata (6).

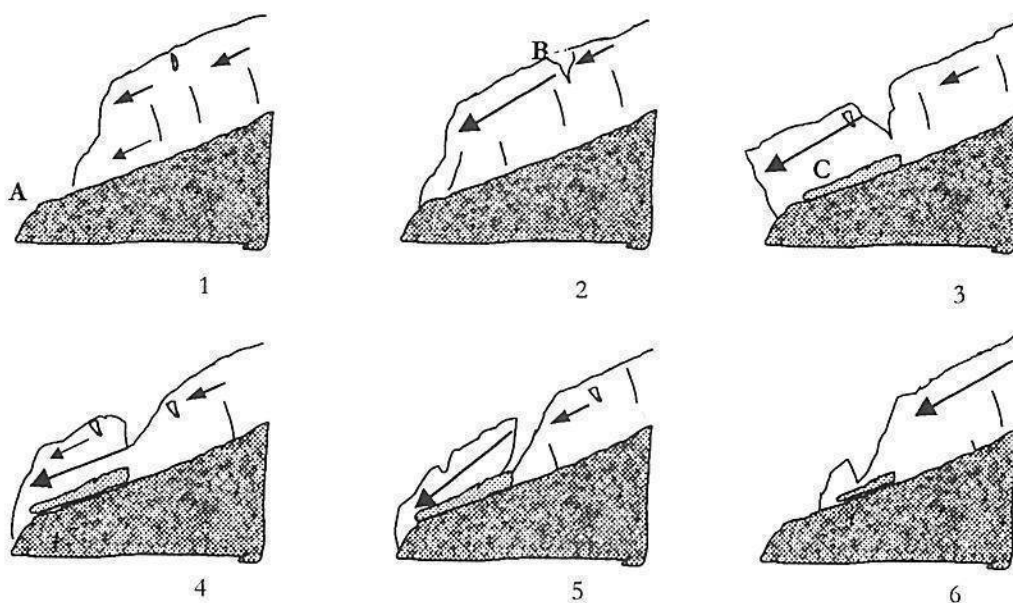


Fig. 5: schema interpretativo delle modalità del crollo del Ghiacciaio del Palon de la Mare (23-25 ottobre 1999). A: punto di incremento dell'inclinazione del pendio; B: crepaccio trasversale; C: strato basale di ghiaccio frantumato; la lunghezza delle frecce è proporzionale alla velocità di scorrimento.

La formazione di un piano di scorrimento costituito da ghiaccio frantumato è certamente l'aspetto di maggior interesse, in quanto può definire una inusuale modalità evolutiva dei crolli glaciali. Una revisione del materiale fotografico relativo ad altri casi verificatisi nelle Alpi italiane<sup>5</sup>,

<sup>5</sup> osservazioni sui crolli delle seraccate del Ghiacciaio della Tribolazione (Gran Paradiso), del Ghiacciaio della Brenva (Monte Bianco), dell'effluenze Corno di Salerno e Adamè del Ghiacciaio dell'Adamello negli Anni Settanta e Ottanta.

suggerisce infatti che le frane di ghiaccio si producono per il distacco di frammenti dalle parti più esterne delle falesie, dove queste appaiono verticali o addirittura strapiombanti. Nella gran parte dei casi si tratta di crolli parcellari, di piccole o medie dimensioni (ma sempre micidiali per l'attività alpinistica), anche se non sono mancati eventi grandiosi, soprattutto per le colate di rilevanti spessore e potenza<sup>6</sup>.

Nel presente caso, invece, si è avuta la dislocazione di un'intera porzione della lingua glaciale, evento con tutta evidenza favorito dai descritti eventi relativi alla porzione basale. I quesiti irrisolti sono molti e stimolano future iniziative di ricerca: tra gli altri, ad esempio, non è dato di sapere se queste siano le condizioni necessarie per il verificarsi di tutti i crolli di grandi dimensioni (che potremmo chiamare "crolli da dislocazione"), né se siano imputabili solo alla modesta pendenza del substrato, come verrebbe da dedurre, o ad altri e più complessi fattori fisici.

#### 4 - CONCLUSIONI

Pur con i modesti mezzi tecnici a disposizione, che si limitano in pratica all'osservazione fotografica di dettaglio e alle deduzioni da questa possibili, il caso in oggetto si pone probabilmente come un facile laboratorio per un'indagine approfondita del fenomeno dei crolli glaciali nella attuale fase climatica. E' in progetto il posizionamento di paline lignee a bande colorate decimetriche: il rilievo telescopico georeferenziato della variazione di posizione di questi punti di riferimento, effettuabile con facilità da una stazione di osservazione fissa posta sulla cresta nord del Monte Pasquale, permetterà un più efficace monitoraggio dei movimenti della massa glaciale. In tale occasione potranno essere messe a profitto le tecniche già sperimentate con successo per lo studio della dinamica di accumulo-ablazione delle pareti di ghiaccio<sup>7</sup>.

L'interesse per un fenomeno di questo tipo è eminentemente scientifico ma non elude possibili valenze di protezione civile, vista la vicinanza dell'area dei crolli con le infrastrutture turistiche e con i percorsi di frequentazione escursionistica e sci-alpinistica. La speranza è di ottenere il coinvolgimento degli enti pubblici e privati preposti alla sicurezza ambientale.

#### Ringraziamenti

Si desidera ringraziare Alessandro Galluccio per il sopralluogo compiuto alla fronte pensile nell'autunno del 1999 e Luigi Bonetti per le prime segnalazioni relative all'esordio dei fenomeni di dislocazione della colata descritti in questo articolo.

#### BIBLIOGRAFIA

- Cola G., Paneri V., Galluccio A., Galluccio A.C., Righetti F. (1997) – *Ricerche sulla dinamica di accumulo-ablazione della parete NW del Monte Pasquale*, Ann. 1996, Sez. Valtellinese CAI, Sondrio.
- Cola G., Paneri V., Galluccio A., Galluccio A.C., Righetti F. (1997) – *Dinamica di accumulo e ablazione delle pareti di ghiaccio*, Neve e Valanghe, n. 31, Trento.
- Galluccio A., Catasta G. (a cura di) (1992) – *Ghiacciai in Lombardia*, Ed. Bolis, Bergamo.
- Galluccio A., Catasta G., Bonardi L., Righetti F. (1993) – *Una nuova classificazione per i ghiacciai alpini: la proposta del Servizio Glaciologico Lombardo*, Neve e Valanghe, n. 19, Trento.
- Galluccio A., Righetti F. (1995) – *La riduzione delle pareti di ghiaccio alpine, un contributo allo studio del fenomeno*, Ann. 1994 Sez. Valtellinese CAI, Sondrio.
- U.N.S.T., Ufficio Nazionale Svizzero del Turismo (1981) - *La Svizzera e i suoi ghiacciai*, Zurigo.

<sup>6</sup> non si è in possesso di documentazione scientifica inerente i due crolli glaciali, nelle Alpi italiane, più famosi degli Anni Novanta, quello del Ghiacciaio di Coolidge (Monviso) e quello del seracco est delle Grandes Jorasses (Monte Bianco).

<sup>7</sup> vedi Cola G., Paneri V., Galluccio A., Galluccio A. C., Righetti F., "Dinamica di accumulo e ablazione delle pareti di ghiaccio" in Neve e Valanghe, n. 31, 1997.

## ABSTRACT

Nell'ottobre del 1999 un ramo del Ghiacciaio del Palon de la Mare (Ortles-Cevedale, Lombardia, Italia) ha prodotto una grande frana glaciale. Questa si è verificata in seguito a un progresso della colata innescato dai buoni accumuli nevosi locali degli anni 1992-1997. Il fenomeno è stato ricostruito mediante monitoraggio fotografico e sopralluoghi ravvicinati. La presenza di un piano di scivolamento, costituito da uno strato basale di ghiaccio frantumato formatosi per la scarsa inclinazione del pendio, sembra essere all'origine delle vaste proporzioni del crollo, che ha interessato l'intero settore terminale della fronte.

Parola chiave: *crolli glaciali*

In October 1999 one part of Ghiacciaio del Palon de la Mare (Ortles-Cevedale, Lombardy, Italy) caused a large ice collapse, which followed the flow's advance triggered off by the good local snow accumulation between 1992 and 1997. The reconstruction of the event was carried out through the photographic monitoring and on-the-spot investigations from close up. The presence of a sliding plane, formed by a bottom layer of ice pieces coming from the low inclination of the slope, seemed to be the cause of the large size of the collapse, that involved the whole boundary sector of the snout.

Key word: *ice collapse*

Au mois d'octobre 1999, une branche du Glacier du Palon de la Mare (Ortles-Cevedale, Lombardie, Italie) a produit un grand éroulement de glace. Il s'est produit après une progression de la coulée, dont les causes ont été les accumulations neigeuses locales des années 1992-1997. Ce phénomène a été reconstruit par des monitorages photographiques et en se rendant tout près des lieux. La présence d'un plan de glissement, constitué d'une couche de base de glace brisée, qui s'est formée pour le manque de pente, semble être à l'origine des proportions considérables de cet éroulement, qui a intéressé entièrement la partie terminale du front.

Mot clé: *éroulements de glace*

Im Oktober 1999 verursachte ein Teil von Ghiacciaio del Palon de la Mare (Ortles-Cevedale, Lombardei, Italien) einen großen Eiszusammenbruch, der einem Stromvorstoß folgte, der durch die guten lokalen Schneeablagerungen zwischen 1992 und 1997 scharf gemacht wurde. Das Phänomen wurde durch das photographische Monitoring und durch Besichtigungen aus geringer Entfernung rekonstruiert. Das Dasein einer Gleitenebene, die aus einer basalen Schicht von zertrümmerten, aus der knappen Hangsneigung kommenden Eis bestand, scheint als die Ursache des großen Zusammenbruchsumfangs zu sein, der den ganzen Torendteil hineingezogen hatte.

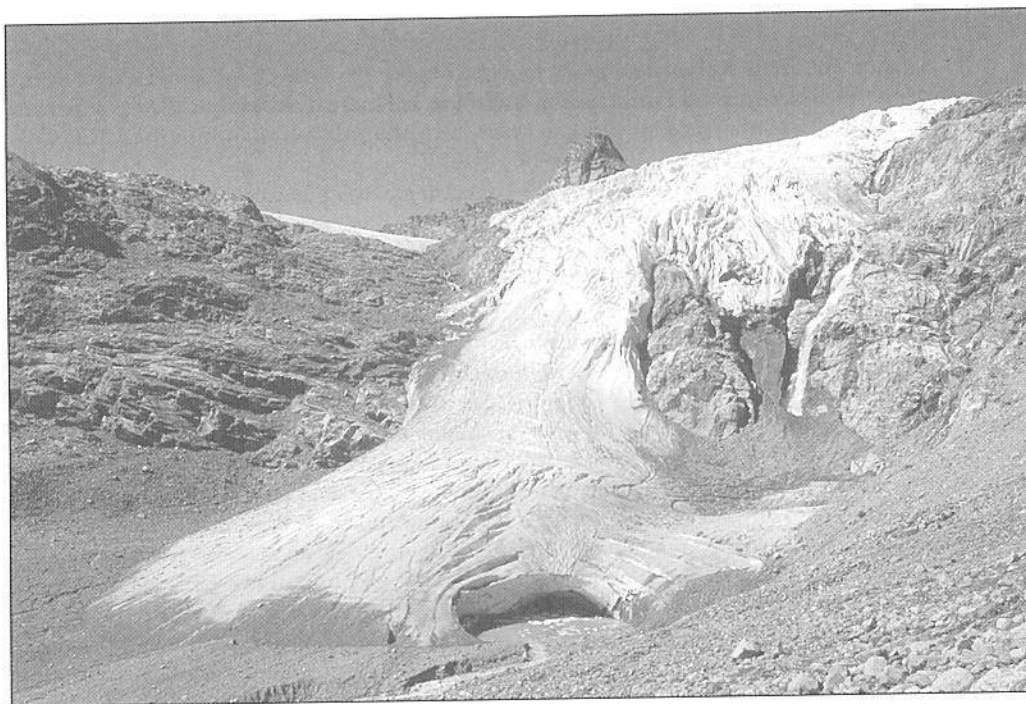
Schlüsselwort: *Eiszusammenbruch*

## **GHIACCIAIO DI FELLARIA OVEST (BERNINA ITALIANO): EVOLUZIONE DEL *CALDERONE DEL GHIACCIAIO***

Sulle Alpi gli ultimi anni del secolo che si sta per chiudere sono stati caratterizzati da una marcata accentuazione della riduzione delle masse glaciali, che in alcuni casi ha assunto le caratteristiche di un vero e proprio disfacimento.

Il prolungato periodo di forte ritiro ha portato inoltre alla comparsa, nelle zone di superficie glaciale più esposte all'ablazione intensa, di forme che contano rare descrizioni precedenti: ne è un esempio la grande, profonda e regolare cavità formatasi nel 1998 sulla superficie della lingua terminale del Ghiacciaio di Fellaria Ovest, per la quale è stata proposta la denominazione di *calderone del ghiacciaio*.

A distanza di un anno dalla sua genesi, questa forma, a causa del movimento del ghiaccio, si è trasferita sul margine frontale e ha così perso il suo bordo esterno, la porzione più a valle. Alla fine di agosto 1999 si presentava come una grande intaccatura della linea della fronte, di forma ellittica nella parte residua, con asse maggiore perpendicolare a questa, lunga circa 30 m e larga circa 18 m. A monte conservava le pareti verticali alte al massimo 12 m circa. L'unico torrente ablatore fuoriusciva proprio in corrispondenza della forma relitta.



*Foto 1: visione complessiva del "calderone del ghiacciaio" del Ghiacciaio di Fellaria Ovest, che ha ormai raggiunto il margine frontale. All'interno si nota un piccolo lago su cui galleggiano alcuni frammenti di ghiaccio (14 settembre 1999, L. Catasta).*





Foto 2: l'attuale residuo del "calderone del ghiacciaio". (14 settembre 1999, L. Catasta).

Il fenomeno della formazione di cavità sulle lingue terminali dei ghiacciai vallivi non è rimasto isolato: sul Ghiacciaio dei Forni, in Alta Valtellina, nel mese di settembre 1999 la superficie del ramo orientale, a quota 2500 m circa, è stata interessata da un enorme crollo (G. Cola, comunicazione personale; foto 3).

Come già si era accennato nell'articolo precedente (G. Catasta, 1999, pp 17-24), nei passati quarant'anni non si era mai verificato nulla di simile, in quanto i ghiacciai stavano attraversando allora una fase di progressivo, ma moderato ritiro, a cui ha fatto poi seguito un breve periodo di modesta avanzata, terminata alla metà degli Anni Ottanta. Per ritrovare un periodo analogo a quello attuale si deve risalire agli Anni Trenta-Cinquanta, quando nei maggiori apparati glaciali si ebbe una significativa modifica morfologica.

Se ci limitiamo ai soli individui glaciali lombardi, ricordiamo la scomparsa di ampie parti delle lingue vallive dei ghiacciai Ventina, Disgrazia, Scerscen Inferiore e Superiore, Scalino, Forni, Dosegù, Pisgana, con ritiri lineari anche superiori al chilometro. Le descrizioni dei ghiacciai in quel periodo, nel quale ricade la lunga parentesi della seconda guerra mondiale, sono, nella maggior parte dei casi, sintetiche e limitate alle zone frontali ove si effettuavano le misure. Alcune di queste relazioni ricordano però l'evoluzione morfologica e le forme attuali. A. Riva, descrivendo nel 1947 la parte terminale della lingua comune dei ghiacciai di Scerscen, oggi scomparsa, parla infatti della presenza di imbuto nel ghiaccio che si ampliano e si moltiplicano; uno di essi presenta il diametro di 200 m. Sempre secondo lo stesso autore nel 1949 "*tutta la parte terminale, confluenza delle colate dello Scerscen sup. e inf., è in completo sfacelo. Apertura di grandi imbuto, gallerie, fagliature*". Si può pertanto prevedere, perdurando anche nei prossimi anni l'odierna fase sfavorevole al glacialismo, una forte variazione morfologica delle lingue glaciali, con disfacimento di ampie porzioni glaciali, risalita dei limiti frontali al di sopra di gradini rocciosi, formazione di "ghiaccio morto", magari al di sotto di potenti coltri moreniche.

Un'ultima considerazione sulla denominazione di questa forma glaciale: il termine *calderone del ghiacciaio*, oltre a essere nuovo in questo ambito così come la forma che vuole descrivere, si ricollega alla morfogenesi del fenomeno, da mettere in relazione al moto vorticoso delle acque subglaciali circolanti. Va invece ritenuto poco idoneo l'utilizzo di termini già in uso in altri ambienti morfologici, come ad esempio quello carsico, che ha cause, tempi di formazione e dimensioni del tutto diversi da quelli qui descritti. La terminologia utilizzata si riallaccia al concetto di convergenza genetica delle forme, da preferire a quella morfologica.

A prescindere comunque da queste considerazioni, si constata che il successo di alcuni termini geomorfologici non è legato a regole codificate ben precise, ma è a volte dovuto all'originalità della proposta: ne è un esempio quello di *piramidi di terra*, singolari forme di erosione differenziata in alcuni depositi morenici pleistocenici. La forma non è certo piramidale, ma tronco-conica, però questo termine viene ormai usato senza difficoltà, in particolare in quelle località dove esse costituiscono una importante attrattiva turistica. Così si parla di *anfiteatro morenico* per definire i depositi morenici frontali abbandonati a semicerchio dal ghiacciaio davanti alle proprie fronti attuali o del passato. Poco a che fare con l'anfiteatro, antica costruzione di forma ovale e non certo semicircolare.



Foto 3: il "calderone del ghiacciaio" formatosi nell'estate del 1999 sul Ghiacciaio dei Forni (19 settembre 1999, G. Cola).

## BIBLIOGRAFIA

- G. Catasta (1999) - *Un "calderone del ghiacciaio" in Valmalenco*, Terra Glaciális, Anno II, n. 2, Servizio Glaciologico Lombardo, Milano.
- A. Riva (1950) - *Relazioni delle Campagne Glaciologiche 1947 e 1949*, Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano, Serie II, n. 1, Torino
- Servizio Glaciologico Lombardo (1992) - *Ghiacciai in Lombardia*, a cura di A. Galluccio e G. Catasta, Ed. Bolis, Bergamo.

## ABSTRACT

L'insolita forma epiglaziale, denominata *calderone del ghiacciaio* (G. Catasta, 1999), comparsa nel 1998 sul Ghiacciaio Fellaria Ovest (Valmalenco, Lombardia), nell'estate del 1999 raggiunge il margine frontale e perde la sua porzione inferiore. La parte residua conserva comunque la forma originaria: al suo interno è ancora presente un piccolo lago. La denominazione adottata ben si adatta alla genesi della forma, dovuta all'azione vorticoso delle acque subglaciali.

Parola chiave: *forme epiglaciali*

The unusual epiglacial formation, called *calderone del ghiacciaio* (G. Catasta, 1999), which appeared in 1998 on Ghiacciaio Fellaria Ovest (Valmalenco, Lombardy), reached in summer 1999 the snout's edge and lost its lower part. The remaining part, however, kept its original shape: there is still a small lake in its interior. The name used to describe it well suits the origin of the formation, which followed the vortical action of subglacial waters.

Key word: *epiglacial formations*

L'insolite phénomène épiglacial, nommé *calderone del ghiacciaio* (G. Catasta, 1999), qui s'est vérifié en 1998 sur le glacier Fellaria Ouest (Valmalenco, Lombardie), arrive au bord du front pendant l'été 1999 et il perd sa partie inférieure. La partie restante a pourtant conservé sa forme originale: à l'intérieur il y a toujours un petit lac. L'appellation qu'on lui a donnée se rélie très bien à la genèse de sa forme, conséquence de l'action des eaux tourbillonnantes au dessous du glacier.

Mot clé: *formes épiglaciales*

Die eigenartige epiglaziale Form, die *calderone del ghiacciaio* (G. Catasta, 1999) genannt wurde, erscheinte im Jahr 1998 auf dem Ghiacciaio Fellaria Ovest (Valmalenco, Lombardei), erreichte im Sommer 1999 den Torrand end verlor ihren niedrigeren Teil. Auf jeden Fall bewahrte der restliche Teil das ursprüngliche Gestalt: innen finden man noch eine kleine See. Die Bezeichnung paßt gut zu der Ursprung der Form, die durch die wirbelartige Tätigkeit des subglazialen Wassers verursacht wurde.

Schlüsselwort: *epiglaziale Form*

## ANNO IDROLOGICO 1998-99: NOTA NIVO-METEOROLOGICA

Nell'ambito della Campagna Glaciologica 1999 nelle Alpi Centrali italiane (Lombardia).  
 A cura del SERVIZIO GLACIOLOGICO LOMBARDO<sup>o</sup> e del  
 CENTRO NIVO-METEOROLOGICO REGIONALE DI BORMIO<sup>oo</sup>

### 1 - CRONACA METEOROLOGICA

#### A - STAGIONE DI ACCUMULO

Nel corso dell'anno idrologico 1998-1999 i contributi nevosi si sono concentrati in 5 episodi principali (tab. 1): le tre nevicate di settembre, i due eventi di ottobre, le grandi nevicate delle terza decade di febbraio e un episodio della prima di marzo, le abbondanti precipitazioni della terza decade di marzo e della seconda di aprile, le più importanti della stagione, e infine i 150 cm di neve caduti nel mese di giugno.

In particolare, la nevicata di febbraio è stata eccezionalmente intensa sul versante nord-alpino, dove si sono raggiunti spessori record (anche 6 m di neve fresca in 10 giorni nella zona di Davos, Canton Grigioni, Svizzera) che, assommata a condizioni preesistenti favorevoli, hanno prodotto valanghe di enormi proporzioni. Queste sono cadute anche al di fuori dei percorsi consueti, provocando un inusitato tributo di lutti e devastazione.

Fasi perturbate 1997-1998	Spessore neve fresca caduta (in cm)	Spessore neve fresca caduta (in cm)	Fasi perturbate 1998-1999
Settembre 1997	0	80 - 120	Settembre 1998 (5, 11, 27)
Ottobre 1997	20 - 30	200	Ottobre 1998 (4-7, 18-19)
Novembre 1997	220 - 240	20	Novembre 1998
Dic. 1997 - gennaio 1998	150 - 160	10	Dicembre 1998
10 gennaio - 20 marzo 1998	70 - 80	30	8 gennaio - 12 febbraio
		170	12 febbraio - 18 marzo
Aprile 1998	240 - 260	240	22 marzo - 17 aprile
		40	18-30 aprile
Maggio 1998	50 - 60	80-90	Maggio 1999
		80	1-8 giugno
11-15 giugno 1998	90 - 100	40	11-15 giugno
16-30 giugno 1998	0	30	19-30 giugno
	Totale al 15.6: 840 - 930 cm	Totale al 30.6: 1070-1130 cm	

Tab. 1: riepilogo quantitativo delle precipitazioni nevose presso il sito del Monte Sobretta (3180 m) nel corso della stagione di accumulo 1998-99 e confronto con quelle del 1997-98.

Le correnti da N-NW, responsabili di tali fenomeni meteorici, sono riuscite a scavalcare la cresta spartiacque, fenomeno questo di non frequente riscontro, generando copiosi apporti anche nel bacino padano. La distribuzione degli accumuli è stata però irregolare e, per certi versi, sorprendente: le nevicate si sono concentrate in settori limitati, e anche lontani dal confine idrografico (Ortles-Cevedale, Adamello), sfiorando appena alcune vallate site nei pressi della displuviale (come la Val Malenco), di norma invece interessate, in casi simili, da precipitazioni consistenti.

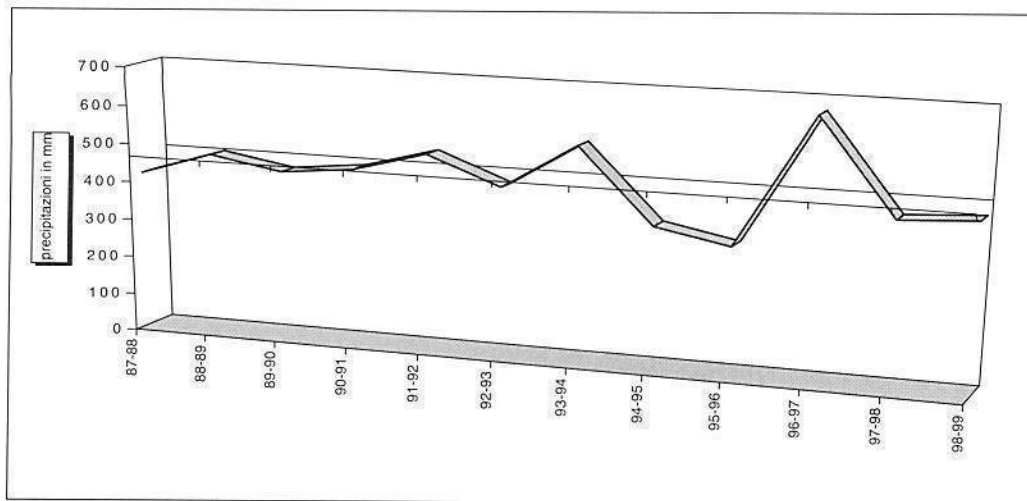


Fig. 1: andamento delle precipitazioni nel periodo utile all'accumulo in ambito glaciale (ottobre-giugno) presso la stazione meteorologica di S. Antonio di Valfurva (1310 m s.l.m.)

Nelle Alpi lombarde, l'episodio più marcato del periodo di accumulo si è verificato in aprile: il giorno 16, a Madesimo, sono caduti circa 140 cm di neve fresca. Altrove si è avuto poco più di 1 metro. L'intensità dell'evento è comunque di quelle da ricordare.

La breve precipitazione del 4 maggio ha portato sabbia sahariana, prezioso punto di riferimento per i successivi controlli stratigrafici del manto nevoso. Il mese di maggio, quasi siccitoso in pianura, sulla montagna lombarda ha prodotto discrete precipitazioni (80-90 cm di neve in totale), pur nell'ambito di un andamento meteorologico quasi estivo in generale e francamente caldo nel periodo 26 maggio - 3 giugno. L'inizio di giugno è stato invece umido, con frequenti piogge sui rilievi, sfiorati dalle code di perturbazioni atlantiche. Tale situazione ha avuto una replica parziale nella terza decade, complici correnti di origine prevalentemente settentrionale: la sommatoria mensile delle nevicate in quota (oltre i 2800 m) in Alta Valtellina può essere indicata attorno ai 150 cm di apporti freschi. La tarda primavera ha avuto quindi un andamento contraddittorio, con alternanza tra brevi periodi di accumulo o conservativi per il manto nevoso e altri invece assai penalizzanti: in particolare, nei dieci giorni a cavallo tra la fine del mese di maggio e l'inizio di quello di giugno, la copertura nevosa ha subito una evidentissima contrazione per fortuna terminata prima che il danno divenisse irreparabile. La sommatoria delle precipitazioni nel periodo utile all'accumulo in ambito glaciale è allineata ai valori medi degli Anni Novanta (fig. 1).

Nell'ambito di una valutazione complessiva della stagione di accumulo va sottolineata l'importanza della siccità del trimestre novembre 1998 - gennaio 1999. Eventi di questo tipo, nel corso della stagione fredda, sono divenuti ormai abituali nell'ultimo quindicennio, almeno sul versante sud-alpino. In effetti, quest'anno sono soprattutto mancati gli apporti di dicembre: in particolare l'episodio di Capodanno, nelle previsioni portatore di nevicate eccezionali, ha invece avuto una presentazione anomala, scaricando la propria componente umida solo in limitati settori (Alpi Marittime, Oltrepò Pavese, Prealpi Biellesi, parte delle Orobie bergamasche) e sfiorando appena la catena principale. Si sono quindi verificate condizioni iniziali assai sfavorevoli per il bilancio glaciale, parzialmente privato degli accumuli precoci. Per fortuna, a mitigare tale congiuntura negativa sono venute sia le nevicate del primo autunno e dei mesi di febbraio e aprile, che sono state consistenti, sia il termine della stagione calda del precedente anno idrologico 1997-1998, verificatosi con cadenza "normale" (non si è quindi ripetuto quest'anno il fenomeno termico

del 1997, quando l'ablazione proseguì a pieno regime sino alla fine della prima decade di ottobre) sia, infine, un mese di giugno in cui il manto nevoso si è potuto conservare efficacemente.

Sotto il profilo termico, come noto d'inverno poco significativo per il bilancio glaciale, è comunque da annotare la settimana che va dal 14 al 22 novembre, assai fredda (- 22 °C a Livigno), superata solo dall'avvento di aria siberiana che, tra il 30 gennaio e il 3 febbraio, ha portato la temperatura minima, nella stessa vallata (stazione meteorologica di Vallaccia, 2650 m) a - 34 °C (minimo assoluto dell'anno idrologico). Il prosieguo della stagione fredda è stato caratterizzato da temperature lievemente inferiori alla norma.

Diverso il discorso per quanto attiene il regime delle temperature della primavera in quota, che assume una notevole rilevanza soprattutto nel definire la conservazione del manto nevoso accumulato: il primo, consistente rialzo termico si è verificato agli inizi del mese di maggio, che è risultato, in toto, solo un poco più caldo della media (+ 1,5 °C). Dopo il giorno 26 si è invece innescata una fase di tempo africano che, pur non raggiungendo valori termici parossistici (come accadde nel 1994), ha portato la temperatura in pianura sino ai 31 °C dei giorni 1-3 giugno. Questo periodo è stato interrotto dal passaggio di una rapida perturbazione che ha avuto il merito di modificare il flusso delle correnti, divenute così occidentali (neve sino a 1800 m di quota). Giugno è quindi un mese normale, addirittura quasi fresco in pianura, dove la media termica mensile è inferiore a quella di maggio: dopo il giorno 3 non si sono mai raggiunti i 30 °C.

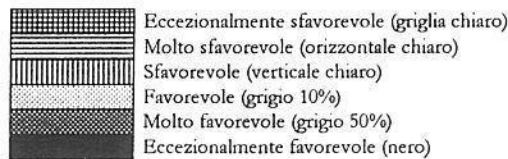
**ANNO IDROLOGICO 1998-1999**



**ANNO IDROLOGICO 1997-1998**



**legenda**



*Fig. 2: schema analogico-critico dell'andamento meteorologico degli anni 1997-98 e 1998-1999 nelle Alpi lombarde.*



In fig. 2, a titolo sperimentale, con i termini in legenda e con la grafica associata si intende qualificare l'andamento termo-pluviometrico decadico della stagione di accumulo sotto il profilo dell'alimentazione e/o conservazione dell'ambito glaciale. Il giudizio espresso si riferisce alla sola media e alta quota alpina e viene composto integrando i diversi parametri climato-nivologici. Nell'anno in questione, ad esempio, il bimestre novembre-dicembre 1998, particolarmente freddo, viene considerato molto sfavorevole in quanto caratterizzato da precipitazioni nevose scarsissime nel periodo dell'anno in cui queste si rivelano più utili al bilancio di massa dei ghiacciai. La terza decade di maggio, invece, si mostra eccezionalmente sfavorevole a causa delle elevate temperature che hanno impostato e sostenuto una profonda fusione del manto nevoso.

TEMPERATURA MEDIA MENSILE													temp.	temp. media	temp. media
anno	G	F	M	A	MA	G	L	A	S	O	N	D	media annua	estiva giugno-sett.	anno idrolog. sett.-agosto
1988	-1,2	-2,7	-0,1	6,4	10,6	12,7	15,4	14,9	10,9	8,3	0,4	0,5	6,34	13,48	
1989	0,5	1,1	4,3	3,9	10,1	11,7	14,9	14,5	11,3	7,6	0,6	-1,3	6,60	13,10	6,76
1990	-0,6	1,7	4,9	4,3	10,7	12,5	15,5	14,9	11,1	8,1	2,4	-3,8	6,81	13,50	6,84
1991	-2,1	-2,8	4,3	4,2	6,6	11,7	16	16,2	12,9	5,8	0,5	-1,4	5,99	14,20	5,99
1992	-0,3	0,2	2,9	5,3	11,1	12,3	15	17	10,1	2,9	1,7	-2,9	6,28	13,60	6,78
1993	-1,7	-2,2	0,3	5	9,9	12,8	13,2	14,7	8,7	4,6	0,6	-0,9	5,42	12,35	5,32
1994	-0,9	-1,8	5,5	4,5	9,4	13,9	17,3	16,4	10,9	7,1	5,2	-1	7,21	14,63	6,44
1995	-5,1	-0,5	-0,9	4,9	8,7	10,4	15,9	12,1	6,6	8,6	0	-3,9	4,73	11,25	5,64
1996	-2,5	-4,6	-0,9	5,6	9,2	12,9	13,5	12,9	7,7	4,8	-0,6	-3,6	4,53	11,75	4,78
1997	-1,2	0,5	4,5	3,8	8,9	10,9	12,7	15,4	13,3	6,7	1,3	-2,5	6,19	13,08	5,32
1998	-3,5	1,9	1,7	4	10,6	14,7	16,4	16,4	10,4	5,5	-2,1	-3,2	6,07	14,48	6,75
1999	-3,2	-3,5	3,5	5,4	11,2	12,2	15,2	14,2	12,1	6,8	0,2	-3,4	5,89	13,43	5,47
media 1988-98	-1,7	-0,8	2,4	4,7	9,6	12,4	15,1	15,0	10,4	6,4	0,9	-2,2	6,0	13,2	6,0
PRECIPITAZIONI													totale	totale	precipitazioni
anno	G	F	M	A	MA	G	L	A	S	O	N	D	annuo	ott.-giugno (accumulo)	anno idrolog. sett.-agosto
1987	7,2	21,1	25,5	54	76,8	147	190,8	92,5	74,4	77,5	30,1	5,9	802,8		
1988	36,1	39,6	20,3	31,4	85,4	86,8	113,1	140,2	58	117,8	1,6	23,9	754,2	413,1	740,8
1989	0	48	17,2	135,1	45,3	84,3	92,6	82,7	18,3	8,7	24	69,2	625,4	473,2	706,5
1990	19,2	75,3	5,4	77,9	34,1	127,5	81,4	52,1	30,5	90,6	103,1	23,8	720,9	441,3	593,1
1991	5,1	25,1	60,8	17,1	39,4	95,8	114,4	20,1	112,6	55,8	48,2	69	663,4	460,8	625,8
1992	0	4	38	101	51,9	144,4	70,4	71,4	87,1	141,8	43,8	73	826,8	512,3	766,7
1993	5,2	0,9	6,9	32,2	40,9	96,2	103,3	81	140,6	261,6	18,3	26,2	813,3	440,9	712,3
1994	46,4	21,8	13,9	25,6	88	56,8	72,9	140,1	178,8	32,3	41,9	9,9	728,4	558,6	912,2
1995	39,2	31,2	32,3	43,4	70,2	69	64,7	64,3	74,6	1,5	20,5	34,1	545	369,4	677,2
1996	42,9	12,6	17,9	23,5	83,2	96	95,2	159,5	12	97,3	179,2	27	846,3	332,2	661,5
1997	32,8	2,5	5,4	21,3	70,1	234,8	69,5	41,7	15,2	15,8	104,5	42,9	656,5	670,4	793,6
1998	23,1	15,9	0,9	104,7	20,9	99,7	121,7	78,4	104,6	135,7	14,9	2,3	722,8	428,4	643,7
1999	22,3	39,7	32,3	55,1	49,3	88,6	73,6	164,7	135,3	123,5	19,9	41	845,3	440,2	783,1
media 1987-98	21,4	24,8	20,4	55,6	58,9	111,5	99,2	85,3	75,6	86,4	52,5	33,9	725,5	463,7	712,1

Tab. 2: dati termici e pluviometrici della stazione meteorologica di S. Antonio di Valfurva (1360 m s.l.m., G. Cola).

## B - STAGIONE DI ABLAZIONE

L'aspetto termico costituisce il più importante parametro di valutazione dell'andamento meteorologico della stagione di ablazione. La prima settimana di luglio è calda e soleggiata: i 32 °C

registrati a Milano il giorno 4 del mese costituiscono, assieme ad analogo rilievo del giorno 21, la punta massima della prima parte dell'estate. Il giorno 7 rinfresca un poco, ma solo sui rilievi alpini dove si hanno brevi nevicate sino ai 2750 m di quota. Nella seconda decade il profilo termico è modicamente favorevole, non raggiungendo mai i 30 °C in pianura. Un'altra, breve fase calda si innesta il giorno 17 (è la terza dell'estate) e termina bruscamente il giorno 22, quando un fronte freddo porta forti temporali nella fascia pedemontana (e su gran parte dell'Italia peninsulare nei giorni successivi), seguiti da vento di caduta che procura giornate caratterizzate da una fantastica visibilità e, in montagna, da provvidenziali gelate notturne (sino ai 2500 m di quota in Val d'Aosta; - 1 °C a Livigno il giorno 24). Nel complesso, l'andamento del mese di luglio può essere giudicato in linea con un tempo estivo normale (a S. Antonio Valfurva: 15,2 °C, media di 15,1 °C; precipitazioni nella norma). Frequenti sono stati i temporali, soprattutto nelle Prealpi e nel settore alpino centro-orientale.

Segue un mese di agosto molto umido: in Alta Valtellina sono solo 9 i giorni senza pioggia e la sommatoria delle precipitazioni presso la stazione di S. Antonio di Valfurva conduce a un valore di 164 mm che è il doppio di quello normale. Purtroppo per i ghiacciai, la temperatura media giornaliera rimane alta per tutto il mese, senza presentare minime mattutine di rilievo o cadute importanti nel corso dei frequentissimi episodi perturbati. Si ricorda solo la breve nevicata del giorno 12, con limite inferiore a 2900 m nel settore orientale della regione e a 2700 m nelle Orobie; per il resto le forti piogge hanno sempre raggiunto l'alta quota (a volte anche i 3500-3600 m), presentandosi in forma di neve solo sulle sommità, in modo che si è creata una situazione invero degna di memoria: le grandi montagne lombarde hanno presentato per tutta la stagione estiva un innevamento eccezionale, primaverile, essendo state beneficate da apporti nevosi frequenti, mentre al di sotto dei 3400 m il rilievo è stato dilavato, con conseguente grave danno al già scarso patrimonio di neve stagionale. Il fenomeno ha avuto alcuni momenti di straordinaria intensità: il giorno 5 un vero e proprio fortunale si è abbattuto su alcune zone dell'Alta Valtellina (sino a 40 mm in 1 ora). Solo il giorno 28 la neve torna a fare la sua comparsa oltre i 3200 m: rispetto al passato appare evidente come questo aspetto termico estivo possa costituire il fattore determinante per un ulteriore aggravamento della attuale crisi di bilancio delle masse glacializzate.

Le cose non migliorano a settembre, che si rivela mese molto caldo (12,1 °C a S. Antonio, media di 10,4 °C), anche se non ai livelli del 1997, e in aggiunta piovosissimo (135,3 mm, media di 75,6 mm). Va menzionato l'episodio dei giorni 19 e 20, quando una "valanga" d'acqua si riversa sulle valli, con limite delle nevicate dapprima a 3600 m e poi, sul finire, a 2750 m di quota: si tratta di un evento devastante per la copertura nevosa residua, in molti casi capace di estinguerla totalmente. La stagione di ablazione termina il giorno 3 ottobre, con una discreta precipitazione nevosa (anche 30 cm) che introduce l'autunno di alta quota, con circa 20 giorni di ritardo rispetto al trend abituale.

## 2 – NIVOLOGIA

*A – GENERALITÀ: L'INDAGINE NIVOLOGICA PRESSO IL SITO PRINCIPALE (GHIACCLAIO DI ALPE SUD, 3180 m)*

Il S.G.L. si è dotato di una rete di stazioni di misura (*siti nivologici di controllo*, tab. 3) che integrano i dati di evoluzione del manto nevoso raccolti presso il *sito nivologico principale* del Monte Sobretta. Si vuole che l'indagine nivologica divenga prezioso supporto al tentativo di definire "in tempo reale" l'andamento del glacialismo lombardo (Galluccio et alii, 2000). Le seguenti note, costruite con i dati del sito principale, condensano in una valutazione complessiva la messe dei rilievi svolti, rimandando ai capitoli successivi l'analisi di dettaglio, utile per la comprensione dell'espressività locale, cioè di massiccio montuoso, degli eventi nivo-meteorologici dell'annata.

L'andamento dei primi 9 mesi dell'anno idrologico 1998-1999 sulle Alpi Lombarde porta a un innevamento al suolo nettamente superiore a quello registrato l'anno precedente (+ 35%

presso la palina 2 del Monte Sobretta), mentre la sommatoria delle nevicate che lo hanno prodotto è pure in incremento (1100 cm circa contro 880 cm, + 20%) (tab. 1). Tale differenza dipende sia dalle diverse entità e distribuzione delle precipitazioni e dal profilo termico, secondo gli eventi descritti, sia dalla pesante fusione che caratterizzò le prime due decadi di maggio del 1998, quest'anno verificatasi in misura molto minore.

Utile, a questo punto, il confronto tra le due annate sotto il profilo delle caratteristiche intrinseche del manto nevoso quali appaiono alla fine della stagione di accumulo (vedi schema): la densità media del 1999 è inferiore rispetto a quella dell'anno precedente (il 29 giugno è di soli 411 kg/m<sup>3</sup>, contro i 500 kg/m<sup>3</sup> del 20 maggio 1998), in ragione degli eventi di precipitazione più regolari e delle temperature mediamente più fresche della primavera del 1999.

anno 1998 – 20 maggio	anno 1999 – 28 maggio
-minore entità dell'accumulo - neve fradicia a tutto spessore	-maggior spessore dell'accumulo -neve bagnata in superficie e in uno strato basale -strato basale compatto, di tipo tardo-invernale

Ciò comporta un assestamento più lento e graduale del manto nevoso che, negli strati più profondi, mantiene quindi caratteristiche simili a quelle invernali. A fine maggio il manto nevoso è in definitiva ancora in fase di trasformazione e non in fase di fusione, grazie anche alle caratteristiche strutturali e termiche degli strati basali che hanno ostacolato l'instaurarsi di forti flussi verticali di percolazione. L'anno precedente, invece, lo strato nevoso conteneva *crystalli da fusione e rigelo* e molta acqua libera, come nelle fasi di fusione conclamata: successivamente, la mancanza di cicli di gelo e rigelo nel mese di luglio provocava la rapida dissoluzione dell'accumulo nella prima parte dell'estate. In definitiva, le condizioni di innevamento del 1999 sono certamente migliori di quelle riscontrate nel 1998: i ghiacciai mantengono così la loro copertura nevosa per tutto il mese di luglio.

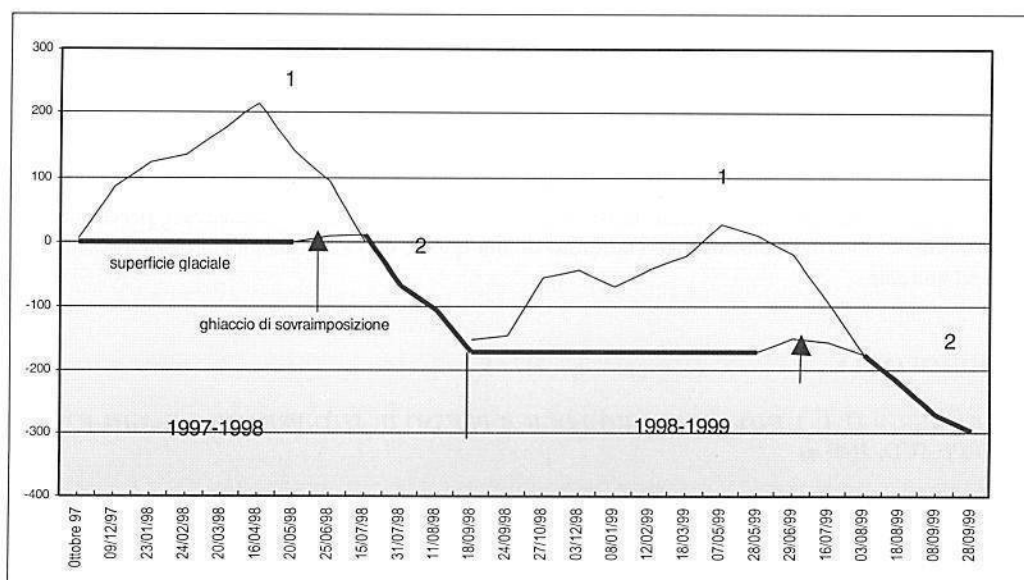


Fig. 3: grafico di accumulo-ablazione annuale presso il sito nivologico del Monte Sobretta (3180 m s.l.m.) negli anni idrologici 1997-98 e 1998-99. La riga sottile descrive l'andamento dell'accumulo nevoso (il punto 1 indica il massimo primaverile). La riga più marcata è il livello della superficie glaciale. Si notino la sua minor fusione nel corso dell'estate 1999 rispetto all'anno precedente (punti 2), dovuta alla maggior durata dell'innnevamento, e i due brevi intervalli di tempo in cui si è formato ghiaccio di sovrainposizione (freccia).

Il grafico di fig. 3 evidenzia, tra l'altro, quest'ultimo aspetto: il Ghiacciaio di Alpe Sud si scopre all'incirca 20 giorni più tardi che nel 1998, conducendo a un consistente risparmio in termini di ablazione superficiale: la perdita di spessore (media delle misure sulle paline n. 2 e 7) passa infatti dai 172,5 cm del 1998 ai 110,5 cm del 1999, con una riduzione del 36%. Il dato è ancora più significativo quando si consideri che oltre la metà del decremento di massa si è verificato nel mese di settembre: se la stagione di ablazione si fosse chiusa nel periodo normale (seconda decade di settembre), il risparmio sarebbe stato assai più marcato. Un'ulteriore conferma di quanto sia importante il periodo di permanenza della neve vecchia nella stagione calda.

In ogni modo, si è lontani da condizioni di equilibrio: essendo il sito del Monte Sobretta posto al centro del teorico bacino di accumulo del ghiacciaio, le condizioni rinvenute negli ultimi anni, caratterizzate dalla completa scomparsa dell'accumulo nevoso a fine estate, descrivono comunque un deficit di bilancio, più o meno grave.

#### Il ghiaccio di sovrainposizione

Nella tarda primavera del 1998 e del 1999 la porzione basale del mantello nevoso annuale depositosi sul Ghiacciaio di Alpe Sud ha presentato uno straterello di ghiaccio di neoformazione (*ghiaccio di sovrainposizione*). Questo si è creato per il rigelo, all'interfaccia ghiaccio-neve, dell'acqua di fusione percolata attraverso i cristalli di neve. Le prime osservazioni permettono di ipotizzare che le condizioni necessarie alla genesi del fenomeno siano le seguenti:

- strato nevoso di notevole spessore (il flusso dell'acqua di fusione che raggiunge la superficie glaciale è lento e graduale e ha così il tempo di rigelare);
- temperatura esterna di poco superiore agli 0 °C per un congruo numero di giorni;
- massa glaciale fredda, con temperature interne largamente inferiori agli 0 °C.

Dalle condizioni suddette si evince che il periodo ideale per la formazione del ghiaccio sovrainposto si colloca tra la fase più avanzata della primavera e l'inizio dell'estate, e può estendersi a buona parte di quest'ultima qualora fresca e il ghiacciaio ancora coperto da abbondante neve. La fase di incremento del neo-strato termina quando il flusso di percolazione, a causa della riduzione di spessore della neve vecchia e della temperatura esterna elevata, assume intensità tali da comportare un flusso energetico in grado di fondere la superficie del ghiaccio. In autunno, invece, il fenomeno, pur non potendosi escludere del tutto, è inibito dalle condizioni termiche della massa glaciale, ancora "calda".

	1998			1999		
	data	Spessore del ghiaccio sovrainposto (in cm)	h. neve	data	Spessore del ghiaccio sovrainposto (in cm)	h. neve
Palina 2	25 giugno	9,5	95,5	29 giugno	22	131
	17 luglio	11	0	16 luglio	15	62
	31 luglio	0	0	3 agosto	0	0
Palina 7	25 giugno	8	103	29 giugno	11	179
	17 luglio	13	8	16 luglio	12	107
	31 luglio	0	0	3 agosto	15	14

Tab. 3 : valori di spessore del ghiaccio di sovrainposizione rinvenuti presso il sito del Monte Sobretta nelle estati 1998 e 1999.

Il ghiaccio di sovrainposizione si forma nella fascia altimetrica della *snow-line climatica temporanea*, dove i processi di fusione e rigelo sono molto attivi, ambito che lentamente migra verso l'alto con il procedere della stagione estiva. Non si può quindi escludere che grandi porzioni di superficie glaciale siano interessate dall'evento nella tarda primavera e che questo possa contribuire a spiegare il comportamento di quei ghiacciai che, pur privi di accumulo nevoso residuo "visibile" per più anni consecutivi, hanno mostrato, nello stesso periodo, decrementi sorprendentemente modesti: è infatti possibile che, persa la copertura nevosa, essi offrano all'ablazione estiva una neo-superficie, generatasi nell'ultimo anno, che riduce più o meno sensibilmente i giorni di fusione effettiva della massa precedente.

Nel biennio di rilievi al Ghiacciaio di Alpe Sud il ghiaccio neoformato mostrava uno spessore centimetrico (tab. 3) e il risparmio di ablazione estiva che ha prodotto è stato di pochi giorni (4/7 giorni). Resta comunque l'impressione che il fenomeno possa assumere altrove una maggiore rilevanza rispetto a quella riscontrata presso il sito del Monte Sobretta, caratterizzato da un accumulo globalmente scarso rispetto ad altri siti di indagine nivologica.

## B – L'INDAGINE NIVOLOGICA NEI SITI DI CONTROLLO

La tab. 4 elenca i siti nivologici utilizzati dal S.G.L. nell'ambito della metodica integrata di monitoraggio delle masse glaciali lombarde. Di questi, oltre al sito principale del Monte Sobretta (Ghiacciaio di Alpe Sud), controllato mensilmente nel corso dell'intero anno idrologico, 4 possiedono una breve serie storica (Vazzeda, Dosegù, Ferro Centrale, Lupo) e altrettanti sono stati istituiti ex-novo nel corso del 1999 (Suretta Sud, Scerscen Superiore, Campo Nord, Pisgana Ovest). Queste stazioni di misura vengono indagate nel periodo estivo, da maggio/giugno, quando si suppone che l'innevamento in quota sia massimo, a settembre/ottobre. Alcune sono dotate di palina ablatometrica. E' possibile acquisire i seguenti parametri:

- spessore del manto nevoso all'inizio dell'estate (valutazione quantitativa della stagione di accumulo);
- qualità stratigrafica (mediante scavo di trincee; previsione del grado di resistenza all'ablazione);
- ritmo di scomparsa dell'accumulo correlato ai dati meteorologici estivi (andamento della fase di ablazione: tra l'altro, durata del periodo di esposizione della superficie glaciale all'irraggiamento solare).

Allo stato attuale, solo i siti con serie storica possono già essere utilizzati per analisi di confronto, mentre quelli nuovi descrivono unicamente lo svolgersi degli effetti del trend meteorologico dell'estate 1999 in ambito glaciale (tab. 5). I dati relativi ai ghiacciai di Lupo e Dosegù vengono trattati a parte per la loro alta significatività; degli altri si fornisce un breve cenno.

<b>Settore montuoso</b>	<b>Ghiacciaio</b>	<b>Esposizione del sito</b>	<b>Quota (m s.l.m.)</b>	<b>Periodo di osservazione</b>
Spluga-Lei	Suretta Sud	Sud	2770	1999
Codera-Masino	Ferro Centrale	Sud	2770	1997-1999
Disgrazia-Mallero	Vazzeda	Est	2920/3020	1994-1999
Bernina	Scerscen Superiore	Sud	3040	1999
Dosdè-Piazzì-Livigno	Campo Nord	Nord	2950	1999
Ortles-Cevedale	Alpe Sud (sito principale)	Sud-Est	3180	1997-1999
	Dosegù	Sud-Ovest	3015	1996-1999
Adamello	Pisgana Ovest	Nord	3150	1999
Orobìe	Lupo	Nord	2625-2520	1996-1999

Tab. 4: i siti di indagine nivologica utilizzati dal S.G.L. per il monitoraggio annuale dei ghiacciai delle Alpi Centrali lombarde.

### Sito del Ghiacciaio di Suretta Sud

All'inizio dell'estate il ghiacciaio è coperto da un notevole strato di neve vecchia. Mancano dati di confronto, ma l'impressione è quella di un innnevamento di discreta consistenza. A fine giugno si misurano infatti spessori compresi tra i 440 e i 260 cm di neve. Nella terza decade di luglio il manto si è praticamente dimezzato; a fine agosto la neve residua in uno strato di poche decine di centimetri e scompare del tutto nella seconda decade di settembre. Nel complesso, le misure suggeriscono come i ghiacciai della Valle di San Giacomo abbiano potuto beneficiare di una prolungata copertura nevosa nel corso dell'estate. Se ciò non riesce a invertire la fase dinamica attuale, comunque negativa data la mancanza di un residuo nevoso, almeno l'annata si pone come una delle meno penalizzanti dell'ultimo quinquennio.

### Sito del Ghiacciaio del Ferro Centrale

Quasi 5 m di neve coprono il sito alla data del rilievo di fine maggio. Nella prima decade di agosto ne rimane solo uno: a metà settembre si rinviene ancora un apprezzabile residuo nevoso. Nonostante l'esposizione meridionale quindi, il ghiacciaio mantiene un piccolo accumulo. Questa considerazione va estesa a tutti gli apparati annidati nei pressi della cresta spartiacque: l'innevamento del settore è, se pur scarso in assoluto, il migliore delle Alpi lombarde.





Foto 1. Il nuovo sito nivologico del Ghiacciaio di Pisgana Ovest (E. Zucchini, 1999)

#### Sito del Ghiacciaio di Vazzeda

È la stazione con la più lunga serie storica. L'innevamento rinvenuto a giugno può essere considerato di poco inferiore alla media (tab. 5). Il problema è che questa viene calcolata sulle annate successive al 1994, in ogni modo sfavorevoli al bilancio di massa del ghiacciaio, come si evince dal rapido e violento ritiro della sua fronte. È molto probabile che siano i valori del 1994, con oltre 6 metri di neve a fine primavera, a dover essere considerati quelli utili al mantenimento dell'equilibrio glaciale del settore. Non a caso, gli apparati della Valle del Mallero hanno mostrato, a fine stagione, un accumulo nevoso residuo assolutamente irrisorio, con poche eccezioni.

#### Sito del Ghiacciaio di Scerscen Superiore

Di nuova istituzione, il sito è stato dotato di palina ablatometrica. Pur di quota medio-alta, a fine luglio è già praticamente scoperto: nelle attuali condizioni climatiche, quindi, gran parte della enorme spianata mediana del ghiacciaio va considerata come zona di ablazione. Tra il 25 luglio e il 7 settembre si misura una perdita di spessore superficiale superiore a 1 m: annata nivologica assai negativa per il Bernina Italiano.

#### Sito del Ghiacciaio di Campo Nord

Conta una sola misura (80 cm di neve a fine giugno) che suggerisce comunque quanto scarso fosse l'innevamento stagionale nel settore di Livigno: a fine estate, nonostante un parziale recupero nel mese di luglio, che ha consentito la sopravvivenza di buona parte della copertura sino alla seconda decade di agosto, la neve è del tutto scomparsa, indipendentemente dall'esposizione dei ghiacciai della zona.

#### Sito del Ghiacciaio di Pisgana Ovest

I modesti valori medi giornalieri della riduzione dell'accumulo misurati all'inizio dell'estate (3,4 cm/die, vedi tab. 10) vanno valutati tenendo conto che si tratta di un sito d'alta quota (3150 m). L'assoluta mancanza di residuo nevoso riscontrata a fine agosto, in quella che è la porzione sommitale del bacino di accumulo di un grande ghiacciaio alpino, la dice lunga sulla devastante crisi di alimentazione di cui soffrono i ghiacciai dell'Adamello lombardo.

*Ghiacciaio di Suretta Sud (Spluga) (E. Congiu, G. Ghielmi, J. Palermo, M. Lojcono)*

Punto	quota	Anno 1999 (25.VII)
1	2770	440
2	2770	324

*Ghiacciaio del Ferro Centrale (Codera-Masino) (G. Elli, C. Lonardo)*

Punto	quota	Anno 1998 (16.V)	Anno 1999 (15.V)
1	2770	277	490

*Ghiacciaio di Vazgeda (Disgrazia-Mallero) (M. Butti)*

Punto	Quota	Anno 1994	Anno 1995 (30.V)	Anno 1996 (2.VI)	Anno 1998 (14.VI)	Anno 1999 (12.VI)
1	2920	536	278	280	403	284
2	3020	oltre 600	530	304	560	>500

*Ghiacciaio di Scerscen Superiore (Bernina) (V. Paneri, R. Peja, B. Rosa)*

Punto	quota	Anno 1999 (25.VII)
1	3040	5

*Ghiacciaio di Campo Nord (Livigno) (F. Galluccio, G. Mainardi)*

Punto	quota	Anno 1999 (26.VI)
1	2950	82

*Ghiacciaio di Pisgana Ovest (Adamello) (M. Monfredini, E. Zucchini, G. Salvioni)*

Punto	quota	Anno 1999 (4.VII)
1	3150	132
2	3150	165
3	3150	165

Tab. 5: entità in cm dell'innevamento stagionale all'inizio dell'estate nei siti di controllo (tra parentesi le date dei rilievi).

**CARATTERISTICHE DEL MANTO NEVOSO PRESSO IL GHIACCIAIO DI DOSEGÙ (3015 M, ORTLES-CEVEDALE) NEGLI ANNI IDROLOGICI 1997-1998 E 1998-1999**

L. Bonetti, E. Meraldi, G. Elli, A. Galluccio

La stazione di misura posta sul plateau inferiore del Ghiacciaio di Dosegù è al quarto anno di osservazione e può quindi già essere utilizzata per il confronto tra le diverse annate. Si propone qui quello tra il 1998 e il 1999 che offre una lettura sufficientemente chiara delle differenze qualitative tra le due situazioni. Preliminare è l'analisi quantitativa (tab. 6) dalla quale si evince che, nell'anno idrologico 1998-1999, lo spessore è secondo solo al 1996-1997, essendo nettamente superiore a quello del 1995-1996 e solo di poco rispetto al 1997-1998. Il profilo stratigrafico (fig. 4) illustra bene come agli inizi dell'estate 1998 la compagine nevosa basale, non abbondante, fosse già interessata dal metamorfismo da fusione: in tali condizioni, l'accumulo di fondo oppone ben poca resistenza all'ablazione, soprattutto se non si verificano le gelate notturne.

Punto	quota	1996	1997	1998	1999
1	3000	100	195 (8.VI)	145 (6.VI)	160 (13.VI)

Tab. 6: spessore in cm del manto nevoso presso il sito del Ghiacciaio di Dosegù (Ortles-Cevedale) (C. Lonardo, L. Bonetti)

E' quanto avvenuto nel mese di luglio 1998, con conseguente rapida scomparsa della neve vecchia e precoce esposizione della superficie glaciale alla radiazione solare. Nel 1999, invece, lo strato basale è ancora di tipo invernale (freddo) e, pur meno denso, deve ancora subire il metamorfismo primaverile.

La concomitanza della presenza di strati superiori di tipo fusione-rigelo, frammisti a cospicue lenti di ghiaccio, con un più favorevole andamento meteorologico, ha provocato una

ritardata trasformazione e quindi una maggior persistenza della copertura nevosa sulla superficie del ghiacciaio. Nel primo caso gli effetti sono stati devastanti (estate 1998), nel secondo, anche se meno penalizzanti, configurano comunque una situazione non favorevole al glacialismo, in quanto lo spessore del manto nevoso va considerato scarso. Per ipotizzare una situazione di equilibrio del bilancio di massa glaciale, con un trend meteorologico estivo normale, servono probabilmente quantità almeno doppie.

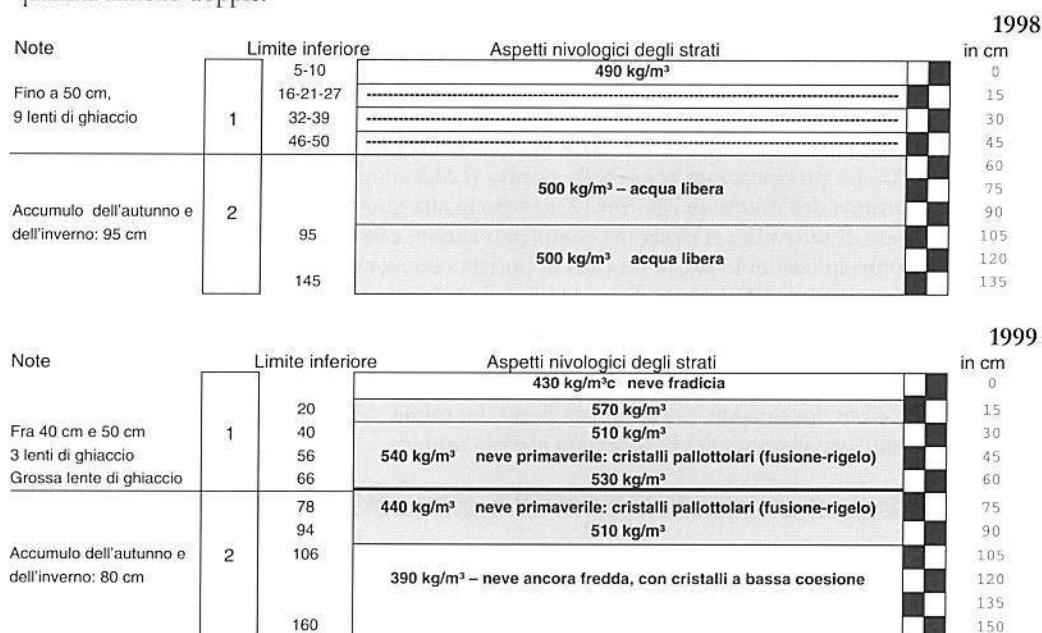


Fig. 4: stratigrafia del manto nevoso eseguita nel sito del Ghiacciaio di Dosegù il 6 giugno 1998 (sopra) e il 13 giugno 1999 (sotto). 1 – primavera; 2 – autunno-inverno.

#### MONITORAGGIO DELL'EVOLUZIONE DELL'ACCUMULO NEVOSO NEL CORSO DELLA STAGIONE ESTIVA PRESSO IL GHIACCIAIO DEL LUPO (ALPI OROBIE)

S. D'Adda, F. Mocchi, P. Previtali,

Il monitoraggio, avviato nel 1996, è stato realizzato mediante sondaggi della compagine nevosa eseguiti nei 3 punti tradizionali (vedi Terra Glaciälis, n. 2, p 53). I rilievi si sono succeduti con cadenza regolare (42 gg) nell'arco di 84 giorni complessivi.

#### Nota meteorologica relativa alla stagione estiva nel settore orobico

La ricerca viene supportata dai dati meteorologici della Stazione di Bergamo (218 m s.l.m., Tab. 7), limitatamente al periodo estivo. La prima decade di giugno presenta temperature medie elevate (22,4 °C), che calano però nei giorni successivi. Poca neve cade verso la metà del mese (soprattutto il giorno 14), raggiungendo i 2000 m di quota e fermandosi un poco più in alto nella breve replica del giorno 28. Nel complesso giugno presenta temperature e precipitazioni vicine alla norma (20,7 °C, media di 20,2 °C, e 109,8 mm di pioggia, media di 123,8 mm).

Decisamente calda si rivela invece la prima decade di luglio, in particolare tra i giorni 2 e 5 (24,7 °C contro una media decadica di 22,8 °C). Le temperature massime non registrano mai punte eclatanti, tanto che il valore di 32,6 °C costituisce anche il picco termico assoluto di Bergamo nel corso dell'intera estate (nel 1998 numerosi furono i giorni con temperature di 35-36 °C). Il transito di alcune perturbazioni produce poi un riavvicinamento ai valori medi stagionali.

Segue un breve periodo di caldo (30-31 °C nei giorni 19-21 e 26-27 luglio), mentre le minime sono normali e, salvo il giorno 20 (20,2 °C), sempre sotto la soglia dei 20°. Così la terza decade presenta valori di poco inferiori alla norma e il mese di circa un grado al di sopra (23,7 °C, contro una media di 22,8 °C). Le precipitazioni fanno registrare a luglio un leggero deficit (75,4 mm, media di 100,6 mm), e si presentano sulle Orobie sempre sotto forma di pioggia.

Un nuovo e più significativo picco termico caratterizza la prima decade di agosto, tra i giorni 5 e 10 (32,2 °C il 9.VIII). Il giorno 12 una perturbazione provoca la comparsa della neve sin verso i 2700 m di quota e chiude la fase più calda dell'estate, con un netto anticipo rispetto al 1998. La seconda e la terza decade di agosto presentano temperature massime, normali, che mai toccano i 30 °C e minime che solo in tre occasioni valicano la soglia dei 20 °C. La temperatura media mensile si attesta sui 23,2 °C (media di 22,3 °C), quella delle due ultime decadi rispettivamente a 22,3 e 22,6 °C. Le precipitazioni sono nella norma (123,8 mm, media di 121,5 mm): sulle Alpi Orobie, a eccezione dell'evento del giorno 12, nevoso in alta quota, cade solo pioggia.

Il mese di settembre si rivela nel complesso ancora caldo (20,6 °C, media mensile di 18,8 °C) e ricco di precipitazioni locali, in un caso di portata eccezionale: a Bergamo si registrano 192,8 mm di pioggia (media di 107,3 mm), di cui 111,8 nella sola giornata del 20. Le temperature ancora elevate rendono queste abbondanti precipitazioni assolutamente deleterie per i ghiacciai orobici, giacché si presentano nelle vesti di piogge dilavanti. In sostanza la fase di ablazione, precocemente arrestatasi in agosto, riprende nella prima parte dell'autunno di alta quota e prosegue per tutto settembre, a ritmi localmente anche forti. Sono le prime neviccate di ottobre a far cessare l'ennesima estate penalizzante per la copertura glaciale orobica.

PRECIPITAZIONI (totale in mm)					
Mese	1999				Media del totale mensile 1958-1998
	I decade	II decade	III decade	Totale mese	
Giugno	5,4	69,6	34,8	<b>109,8</b>	123,8
Luglio	13,4	29,0	33,0	<b>75,4</b>	100,6
Agosto	14,4	61,0	48,4	<b>123,8</b>	121,5
Settembre	35,6	124,0	33,2	<b>192,8</b>	107,3
Totale del periodo giugno-settembre				501,8	453,2

TEMPERATURE (medie in °C)					
Mese	1999				Media delle medie mensili 1958-1998
	I decade	II decade	III decade	Media mese	
Giugno	22,4	19,7	20,1	20,7	20,2
Luglio	24,7	23,8	22,6	23,7	22,8
Agosto	24,9	22,3	22,6	23,2	22,3
Settembre	20,8	21,2	19,7	20,6	18,8
Totale del periodo giugno-settembre				22,1	21,0

Tab. 7: stazione meteorologica di Bergamo, 218 m s.l.m. (Marco Bertolini, Istituto Sperimentale Cerealicoltura, Bergamo).

#### I rilievi nivologici

##### Primo controllo: 5 giugno 1999

Si sale dal versante sud, lungo la Valle di Coca. Il tratto di vallone che dal Lago di Coca scende al pianoro della Baita del Pastore presenta residui nevosi piuttosto scarsi. In passato, in questo periodo il torrente risultava sempre coperto dalla neve e da ammassi valanghivi. Quest'anno il corso d'acqua è già libero e la neve più scarsa anche nel circo sommitale di Coca, dove il lago è quasi del tutto visibile, tanto che la stagione appare in fase assai avanzata (2-3 settimane di anticipo). Dalla quota 2100 m è presente il sottile contributo nevoso (2-3 cm) dell'evento di venerdì 4 giugno. La neve fresca raggiunge i 10 cm circa al Passo di Coca (2645 m). Sul ghiacciaio lo spessore della neve vecchia varia fra 350 e 260 cm. (S. D'Adda, F. Mocchi).

##### Secondo controllo: 17 luglio 1999

La salita avviene dal versante sud, lungo la Valle di Coca. Come di norma, la neve è completamente scomparsa nel tratto a valle del lago omonimo. Discreti accumuli valanghivi persistono però nel circo

superiore di Coca, soprattutto all'interno e al piede dei lunghi e profondi canali della costiera Redorta-Porola. Rispetto all'uscita di giugno si rileva una riduzione del deficit nevoso, comunque ancora evidente. La superficie del ghiacciaio si presenta ancora quasi totalmente innevata. Il limite della neve è posto a circa 2520 metri di quota, poco al di sopra della ripida crepacciata. Nella porzione più occidentale sono però già presenti due ampie aree prive di neve, strisce di 15-20 m di larghezza che risalgono sino a 2560 m di quota. Gli spessori nevosi rilevati sono compresi tra 140 e 50 cm. (S. D'Adda, F. Mocci, P. Previtali).

#### Terzo controllo: 28 agosto 1999

Il ghiacciaio viene raggiunto percorrendo il versante settentrionale delle Orobie, lungo la Val d'Arigna. I ghiacciai della valle evidenziano un innevamento ridottissimo o nullo e non si coglie alcuna differenza tra gli apparati alimentati in maniera prevalentemente diretta o da valanghe, tra quelli più protetti dal fattore orografico e quelli più esposti, tra quelli con elevate quote medie e quelli posti molto in basso.

Il Ghiacciaio del Lupo è in gran parte scoperto: alcune piccole chiazze di neve permangono solo in corrispondenza del conoide valanghivo occidentale, che raccoglie le scariche provenienti dalla costiera dei pizzi Porola-Scotes, dove affiora il firn degli scorsi anni. Altrove, in particolare sull'alto lobo meridionale e nel settore inferiore sinistro, solo il detrito galleggiante rimane a rallentare un poco l'intensa fusione. Nessuno dei tre punti oggetto di misurazione presenta quindi residui nevosi. Con ogni probabilità, la parte inferiore del ghiacciaio era libera dalla neve già alla fine di luglio o al massimo ai primi di agosto, mentre quella mediana si è scoperta tra la fine della prima decade e la metà del mese: per tutto il mese di agosto buona parte del ghiacciaio è rimasta quasi priva di copertura. Forse mai dal 1987, anno in cui prese avvio in Orobie l'attuale fase di regresso dei ghiacciai, s'era registrato un innevamento così deficitario: certamente questo è l'anno più povero di neve residua dall'inizio degli studi nivologici sul Ghiacciaio del Lupo. (S. D'Adda, P. Previtali).

#### Discussione

I dati riportati nelle tabelle seguenti, che consentono un confronto diacronico tra le diverse fasi dell'estate di quest'anno e tra le stagioni estive 1996, 1997, 1998 e 1999, evidenziano come il deficit nevoso riscontrato, e la conseguente grave riduzione areale e volumetrica che ha interessato l'intero apparato, sia in buona parte attribuibile allo scarso accumulo presente sulla superficie glaciale nella tarda primavera. Avendo osservato il 5 giugno un manto nevoso di spessore variabile tra i 350 e i 260 cm, era facile prevederne la totale scomparsa nel corso della stagione calda: le analisi condotte nei tre anni precedenti hanno dimostrato infatti che neppure 500 cm sono in grado di garantire qualche residuo alla fine della fase di ablazione se questa presenta quell'andamento sfavorevole alla conservazione dei depositi che sembra ormai abituale. Con l'innevamento del giugno 1999 serviva un'estate decisamente fresca e nevosa. Cosa che non è stata.

Eppure la stagione calda 1999 non ha presentato gli elevati, e anche prolungati, picchi termici del 1998. Di conseguenza, almeno per quanto attiene il primo periodo (6 giugno-17 luglio), i valori teorici di ablazione media giornaliera non sono risultati eccessivamente alti (fig. 5). Anzi, valori giornalieri compresi tra 4,5 e 5 cm sono, nel periodo, tra i più contenuti di questi quattro anni. In compenso, però, la stagione ha presentato temperature mediamente superiori alla norma per un periodo molto lungo, ovvero dall'inizio di giugno alla fine di settembre.

Riassumendo, la stagione 1998-1999 è stata nelle Orobie la più negativa delle ultime quattro, e probabilmente tra le più "nere" del secolo, per due cause: la principale sta nei ridottissimi apporti nevosi della fase di accumulo, tra settembre e giugno; la seconda è riferibile, come detto, alla notevole durata della fase di ablazione, che ha avuto una importante coda in settembre. Anche gli apparati che di norma non subiscono in maniera determinante le fasi calde e assolate, per via della fortissima protezione offerta dal fattore orografico, quest'anno non disponevano del necessario "capitale" nevoso da contrapporre alle alte temperature.

Così l'estate 1999 è stata massimamente negativa per gli apparati ad alimentazione diretta, anche per il colpo di grazia inferto dalle piogge settembrine, ma una situazione poco dissimile ha interessato i ghiacciai alimentati prevalentemente da valanghe, soprattutto se posti a quote basse (Ghiacciaio del Dente di Coca e apparati delle Valli Vedello e Ambria).



### GIUGNO

Punto n°	Quota (m s.l.m.)	1996 02 giugno	1997 14 giugno	1998 14 giugno	1999 5 giugno	$\Delta$ rispetto al 1996	$\Delta$ rispetto al 1997	$\Delta$ rispetto al 1998
1	2625	410	430	460	350	- 60	- 80	- 110
2	2580	385	375	470	310	- 75	- 65	- 160
3	2520	340	340	475	260	- 80	- 80	- 215

### LUGLIO

Punto n°	Quota (m s.l.m.)	1996 7 luglio	1997 13 luglio	1998 19 luglio	1999 17 luglio	$\Delta$ rispetto al 1996	$\Delta$ rispetto al 1997	$\Delta$ rispetto al 1998
1	2625	235	415	220	140	- 95	- 275	- 80
2	2580	220	300	260	120	- 100	- 180	- 140
3	2520	150	295	305	50	- 100	- 245	- 255

### AGOSTO

Punto n°	Quota (m s.l.m.)	1996 15 agosto	1997 23 agosto	1998 22 agosto	1999 28 agosto	$\Delta$ rispetto al 1996	$\Delta$ rispetto al 1997	$\Delta$ rispetto al 1998
1	2625	40	170	0	0	- 40	- 170	0
2	2580	15	50	40	0	- 15	- 50	- 40
3	2520	0	30	30	0	0	- 30	- 30

Tab. 8: confronto diacronico 1996-1999: le variazioni di spessore del manto nevoso alle tre date di rilievo mensile e il confronto tra il 1999 e le annate precedenti.

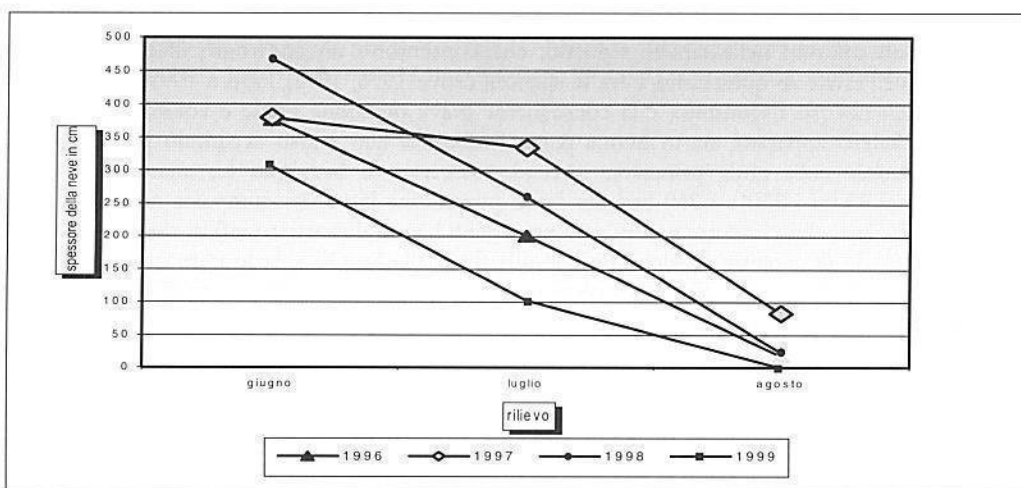


Fig. 5: ritmi di riduzione estiva della neve vecchia sul Gbiacciaio del Lupo negli anni 1996, 1997, 1998 e 1999 (valori medi dello spessore del manto nevoso a giugno, luglio e agosto). Si notano il notevole rallentamento della fusione verificatosi nella prima parte dell'estate 1997 e i valori assai modesti della copertura nevosa del 1999, in assoluto la più scarsa del quadriennio.

Punto di lettura	Spessore della neve residua in cm			$\Delta$ spessore 5.06 - 17.07	Riduzione media cm/gg 5.06 - 17.07	$\Delta$ spessore 18.07 - 28.08	Riduzione media cm/gg 18.07 - 28.08
	5.06	17.07	28.08				
1	350	140	0	-210	5,0	-140 (e oltre)	-
2	310	120	0	-190	4,5	-120 (e oltre)	-
3	260	50	0	-210	5,0	- 50 (e oltre)	-

Tab. 9: confronto diacronico della fusione della neve nel corso dell'estate 1999 (intervalli di 42 gg fra i 3 rilievi, dal 5 giugno al 17 luglio e dal 18 luglio al 28 agosto).

Punto lettura	1996			1997			1998			1999		
	giorno 2.06	periodo 03.06- 07 07	periodo 08.07- 15 08	giorno 15.06	periodo 16.06- 13 07	periodo 14.07- 23 08	giorno 14.06	periodo 15.06- 19 07	periodo 20.07- 22 08	giorno 5.06	periodo 06.06- 17 07	periodo 18.07- 28 08
1	410	5,0	5,0	430	0,5	6,0	460	6,9	7,0	350	5,0	-
2	385	4,7	5,3	375	2,7	6,1	470	6,0	6,3	310	4,5	-
3	340	5,4	6,0	340	1,6	6,5	475	4,9	7,9	260	5,0	-

Tab. 10: spessore della neve alla data del primo rilevamento e valori medi teorici di decremento giornaliero dello spessore della neve, per intervallo di rilievo, nel corso degli anni 1996, 1997, 1998 e 1999. I valori sono espressi in cm.

## CONCLUSIONI

A titolo di riepilogo, l'andamento nivo-meteorologico dell'anno idrologico 1998-1999 può essere così sintetizzato: il termine della precedente fase di ablazione estiva (che fu gravemente sfavorevole) è caduto in epoca normale; le precipitazioni autunnali sono state consistenti solo in settembre e in ottobre; si è avuto un periodo siccitoso tra novembre e gennaio (anche se non assoluto); grandi apporti nevosi si sono verificati nella fase centrale della primavera (soprattutto aprile, ma anche febbraio e marzo); il mese di maggio è stato caldo e poco umido; giugno favorevole sotto il profilo termico e discreto anche sotto quello degli apporti. L'estate può essere considerata normale nella prima parte e molto sfavorevole nei mesi di agosto e settembre che, pur non presentando picchi termici record, hanno fatto registrare temperature medie giornaliere elevate e precipitazioni piovose consistenti, in qualche caso eccezionali, sino all'alta quota alpina.

Quindi un buon inizio, una fase centrale stentatissima, un successivo recupero, una fusione anticipata poi rallentata dall'andamento della fase finale della primavera e del mese di luglio, un'estate globalmente assai penalizzante per l'ambito glaciale.

L'andamento descritto ha segnato una ulteriore tappa di quel processo di riduzione della copertura glaciale lombarda che dura ormai da 15 anni. In molti settori delle Alpi Centrali è stato uno dei più penalizzanti che si ricordi. In altri, meno colpiti in virtù di fattori legati alla posizione geografica, ha prodotto comunque un rilevante decremento delle masse glaciali.

Dall'insieme di dati e osservazioni raccolti emergono due fatti sicuri: l'innnevamento dell'invernata si mantiene scarso; le estati, anche quando non torride come quella del 1999, presentano un regime delle temperature che impedisce la conservazione degli accumuli. Il primo fattore è legato a frequenti episodi di siccità nel periodo freddo e alla penuria degli apporti autunnali e del primo inverno; il secondo si esprime con modalità diverse, per fortuna non sempre associate: picchi termici elevati e persistenti, prolungamento della stagione di ablazione, sia come anticipato esordio sia come ritardato termine, assenza di irruzioni di aria fresca.

Quest'ultimo aspetto è forse quello più frequente, almeno nel triennio appena trascorso: il netto incremento delle precipitazioni estive registrato non comporta episodi di raffreddamento della media quota alpina (2500-3200 m). La pioggia cade quindi, con effetti disastrosi sulla copertura nivo-glaciale, sino alle alte vette. Rare sono le gelate notturne. In termini generali, si può dire che è venuto meno il "tempo da meridiani" tipico, ad esempio, del finire degli Anni Settanta, quando le nevicate estive sino a bassa quota facevano risparmiare enormi quantità di ghiaccio<sup>1</sup>.

La conseguenza diretta di questo trend plurifattoriale, ben espressosi nel 1999 con un'alimentazione nevosa insufficiente, con un mese di agosto caldo e piovoso e con un termine posticipato della stagione di ablazione, è l'innalzamento inesorabile del limite delle nevi, ormai situabile alcune centinaia di metri più alto di quello dei decenni precedenti. Come già sottolineato

<sup>1</sup> A titolo aneddotico, va citato un caso verificatosi nel mese di luglio del 1991: in Alta Valtellina, un forte temporale fece abbassare il limite delle nevicate sino ai 2200 m. Il giorno successivo, la lingua del Ghiacciaio dei Forni rimase coperta da 5-6 cm di neve fresca. In quel periodo, nel settore di ablazione il ritmo di fusione del ghiaccio era di 4 cm/g. Essendo il bacino in oggetto esteso per 4,5 km<sup>2</sup>, in quel solo giorno il risparmio di massa per il ghiacciaio fu di 180.000 m<sup>3</sup> di ghiaccio.

nel 1998, il fenomeno produce una riduzione planimetrica dei bacini d'accumulo e anche, in molti casi di bassa quota, la loro effettiva scomparsa.

Esposizione	Maggio			Giugno			Luglio			Agosto			Quota del sito
	1 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup>	3 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup>	3 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup>	3 <sup>^</sup>	1 <sup>^</sup>	2 <sup>^</sup>	3 <sup>^</sup>	
decadi													
1 - SUD				4,8			5,1			5,8			2925 m
2 - SUD							7,4			innevato			2770 m
3 - NORD				5						scoperto			2625 m
4 - NORD							3,4			scoperto			3150 m
5 - SUD-EST	0,75			1,5			3,9			4,3			3200 m

Tab. 11: valori medi dello scioglimento della neve vecchia (cm/g) nel corso dell'estate 1999 in 5 siti di indagine nivologica. Nella seconda e terza decade di agosto i siti 3, 4, 5 sono già privi di copertura nevosa residua, e questo evento si verifica indipendentemente dalla quota e dall'esposizione.

Una lettura chiara di questi eventi viene dal confronto tra i diversi settori montuosi: in Val Masino l'innnevamento residuo del 1998-1999 è stato superiore alla media regionale per effetto degli apporti straordinari di febbraio. I ghiacciai orobici, penalizzati da un'invernata assai poco generosa, in settembre erano in condizioni pietose. La calda estate piovosa ha fatto sì che anche nel settore migliore il bilancio di massa possa essere stimato come assolutamente negativo.

In definitiva, si può concludere che, nelle attuali condizioni climatiche generali, per i ghiacciai alpini di media quota (con esclusione quindi dei "quattromila") il regime termico-pluviometrico estivo è l'elemento che maggiormente condiziona, e in senso sfavorevole, il bilancio di massa annuale. In particolare, se gli accumuli nevosi della fase fredda sono scarsi l'annata è destinata a essere fatalmente deficitaria, in quanto le stagioni di ablazione fresche e nevose sono ormai un ricordo del passato. Nel confronto tra annate di pari sommatoria nevosa, questo assunto trova alcune eccezioni nella presentazione locale dei singoli eventi meteorici, nell'andamento termico delle fasi intermedie (cicli di disgelo-rigelo), nella distribuzione delle precipitazioni. In pratica, alle caratteristiche intrinseche del manto nevoso che questi fattori determinano (vedi il confronto tra le due situazioni primaverili del 1998 e del 1999). Di qui l'importanza di approfondire l'indagine nivologica. Altri aspetti sfuggono certamente alla nostra comprensione.

Dalla lettura della tab. 11 si intuisce come la quota della *snow-line* sia davvero l'indicatore più fedele dell'andamento climatico descritto. Si osserva infatti che anche i siti posti oltre i 3000 m hanno presentato un accumulo residuo nullo, essendo questo precocemente scomparso nel mese di agosto e ciò, si ricordi, nonostante una prima parte dell'estate non particolarmente calda (vedi i valori giornalieri di fusione della neve nel sito più elevato). Inoltre l'esposizione settentrionale sembra non produrre effetti favorevoli sul periodo di permanenza del manto nevoso: alle quote indicate, quindi, tutta la montagna lombarda giace ben al di sotto del limite delle nevi.

Nell'estate 1999 è stato riscontrato un innnevamento consistente, a volte eccezionale, nei limitati settori sommitali delle grandi montagne delle Alpi Centrali italiane: il permanere della copertura nevosa esclusivamente oltre i 3400-3600 di quota, e il suo incrementarsi a causa delle frequenti precipitazioni anche nella stagione calda, sembrano porsi più come conferma di una delle ipotetiche conseguenze dell'*effetto serra* (aumento delle precipitazioni) che come un fatto positivo o in controtendenza.

#### BIBLIOGRAFIA

- Galluccio A., Cola G., Bonardi L., D'Adda S., Butti M., Elli G., Lonardo C., Bonetti L., Meraldi E., Berbenni F. (2000) - *Studio dell'evoluzione dell'accumulo nevoso annuale nel bacino collettore: un contributo integrativo al monitoraggio delle variazioni dei ghiacciai alpini*, Neve e Valanghe, n. 38, A.I.NE.VA., Bormio.
- Galluccio A., Mainardi G., Cola G., D'Adda S., Butti M., Bonardi L., Bonetti L. (1998) - *Condizioni nivometeorologiche della media e alta quota alpina - Alpi Centrali italiane*, Terra Glaciälis, n. 1, Milano.
- Galluccio A., Bonardi L., D'Adda S., Cola G., Mariani V., Butti M., Lonardo C., Elli G., Meani A., Previtali P., Galluccio A.C., Bonetti L., Meraldi E., Berbenni F. (1999) - *Anno Idrologico 1997-98: nota nivo-meteorologica nell'ambito della campagna glaciologica 1998 nelle Alpi Centrali italiane (Lombardia)*, Terra Glaciälis, n. 2, Milano.

## ABSTRACT

L'anno idrologico 1998-99 nelle Alpi Centrali italiane è stato caratterizzato da uno scarso accumulo nevoso nella stagione fredda e da un andamento meteorologico estivo gravemente penalizzante per la conservazione degli accumuli. Solo la parte finale della primavera e l'esordio dell'estate hanno presentato condizioni debolmente favorevoli: la compagine nevosa è risultata così un poco più resistente all'ablazione rispetto al 1998. Si è quindi prodotta una riduzione del periodo di esposizione della superficie glaciale nel pieno dell'estate. Questi effetti positivi sono andati del tutto perduti nel corso del mese di settembre, caldo e piovoso sino ad alta quota, che, prolungando di circa 20 giorni la durata della stagione di ablazione, ha portato a una scomparsa quasi totale dell'innevamento. La snow-line è così risalita sino a oltre i 3500 m di quota: al di sopra di questo limite si sono per contro osservati consistenti residui nevosi, alimentati da frequenti precipitazioni anche nel corso dell'estate. Per il glacialismo del settore delle Alpi Orobie il 1998-99 è stato probabilmente una delle annate peggiori del XX secolo.

Parole chiave: *nivologia, snow-line*

The hydrological year 1998-99 in the Italian Central Alps has been characterized by scarce snow accumulation during the cold season and by a summer weather course which has been particularly unfavourable for the preservation of accumulation. It was only during the last part of spring and the beginning of summer that conditions turned to be slightly positive: the snow structure seemed therefore to be a bit more resistant to ablation compared to 1998. The glacier's surface was therefore exposed to the sun for a reduced period of time during the summer. These positive effects were completely cancelled during a warm and rainy month of September, even at high heights, which extended the ablation season by 20 days and let the snowfall almost disappear. The snow-line went back up above 3500m, where on the other hand there were some considerable snow residuals fed by frequent precipitation even during summer. With regards to glacialism on Alpi Orobie, the period 1998-99 has probably been one of the worst seasons of the 20<sup>th</sup> century.

Key words: *snow science, snow-line*

Sur les Alpes Italiennes l'année hydrologique 1998-99 a été caractérisée par l'insuffisante accumulation de neige pendant la saison froide et par des conditions du climat très défavorables pour la conservation de la neige pendant l'été. Mais on a eu des conditions faiblement favorables pendant la fin du printemps et le début de l'été: la couche de neige a été ainsi un peu plus résistante à l'ablation par rapport au 1998. La surface de glace a été donc exposée pour une période plus réduite pendant l'été. Mais au mois de septembre, chaud et pluvieux jusqu'aux hautes altitudes, tous ces effets positifs ont été complètement effacés: la période d'ablation a duré 20 jours de plus et, par conséquent, l'enneigement a presque totalement disparu. La ligne de la neige (snow-line) se trouve au dessus de 3500m d'altitude, où on peut relever de restes neigeux substantiels, alimentés par des précipitations fréquentes même pendant l'été. Pour les *Alpi Orobie* l'année 1998-99 a été une des pires du XX siècle.

Mots clés: *nivologie, snow-line*

Das 1998-99 hydrologische Jahr auf den Italienischen Zentralalpen wurde gekennzeichnet von knappen Schneeablagerungen in der kalten Saison und von einem Sommerwetterablauf, der die Ablagerungserhaltung stark benachteiligte. Nur am Frühlingsende und Sommeranfang verzeichnete man eine leicht positive Situation: der Schneezusammenhang war so der Zehrsaison ein bißchen fester im Vergleich zum Jahr 1998. Deswegen wurde die Eisoberfläche im Sommer weniger Zeit der Sonne ausgesetzt. Diese positiven Wirkungen wurden durch einem warmen und regenreichen September Monat, sogar an hohen Höhen, ganz vernichtet, wobei die Schneedecke verschwand, weil die Dauer der Zehrsaison bei 20 Tagen verlängert wurde. Das Snow-line ging über 3500m zurück: über dieser Höhe bemerkte man jedoch beträchtliche Schneeresten, die von häufigen Niederschlägen auch im Laufe des Sommers ernährt wurden. Im Bezug auf den Glazialismus im Gebiet der Alpi Orobie wurde das Jahr 1998-99 wahrscheinlich ein der schlechtesten Jahren im 20. Jahrhundert.

Schlüsselwörter: *Schneeforschung, Snow-line*



## CAMPAGNA GLACIOLOGICA 1999

Settore Alpi Centrali Italiane

*Coordinamento scientifico, elaborazione di testi e dati:*  
Antonio Galluccio, Luca Bonardi

*Coordinamento logistico-operativo:*  
Giovanna Mainardi, Emanuele Congiu, Carlo Lonardo, Virgilio Mariani,  
Stefano D'Adda, Francesco Galluccio, Mario Monfredini

*Nivometeorologia:*  
Luigi Bonetti, Antonio Galluccio, Andrea Almasio, Luca Bonardi, Stefano D'Adda,  
Eraldo Meraldi, Flavio Berbenni, Giuseppe Cola, Mario Butti, Giordano Elli, Mario Monfredini,  
Emiliano Zucchini, Francesco Galluccio, Emanuele Congiu, Valerio Paneri

### ELENCO DEGLI OPERATORI CHE HANNO PARTECIPATO ALLA CAMPAGNA GLACIOLOGICA 1999

Settore **SPLUGA-LEI**: E. Congiu, M. Felisa, M. Lojacono, J. Palermo, G. Ghielmi, P. Piccini, D. Affer, E. Painsi; settore **CODERA-MASINO**: C. Lonardo, G. Grazi – Lonardo, M. Colzada, G. Elli, L. Nocenti, F. Rossini, C. Scolari, Stefania Zocchetti; settore **DISGRAZIA-MALLERO**: V. Mariani, M. Butti, M. Urso, G. Stella, A. Almasio, G. Panza, P. Panza, L. Ghidini, M. Parlato; settore **BERNINA**: V. Paneri, R. Peja, B. Rosa, S. Alberti, G. Catasta, L. Catasta, M. Butti; settore **SCALINO PAINALE**: M. Butti; settore **DOSDE'-LIVIGNO**: S. Ratti, G. Mainardi, F. Galluccio, A. Galluccio, A.C. Galluccio, Alfredo Galluccio, E. Rezzonico, L. Bonetti, L. Bolognini, D. Salvatore, L. Arzuffi; settore **ORTLES-CEVEDALE**: A. Galluccio, A. C. Galluccio, I. Galluccio, P. Gorni, G. Casartelli (CGI e CSC del CAI), G. Catasta, L. Catasta, A. Pellegrini, P. Farioli, A. Grossi, B. Bonantoni, F. Righetti, G. Righetti, A. Papola, Stefania Zocchetti, L. Bolognini, L. Bonetti, S. Mauri; settore **OROBIE**: S. D'Adda, P. Previtali, M. Butti, F. Mocci, A. Meani, C. Ciapparelli, M. Merati; settore **ADAMELLO**: L. Bonardi, P. Caprara, A. Ciceri, F. Pelosato, M. Urso, A. Galluccio, M. Cozzi, G. Salvioni, A. Gigliuto, M. Monfredini, M. Pala, A. Almasio.



## AVVERTENZE PER LA LETTURA

### a - PARTE GENERALE

La parte generale contiene i dati complessivi di campagna (cap. 1), l'elenco dei ghiacciai-campione (cap. 2), l'analisi delle variazioni degli apparati controllati nell'anno (cap. 3). Riguardo a quest'ultima, la metodica integrata adottata dal S.G.L. prevede che il giudizio sulla fase dinamica annuale del singolo ghiacciaio venga espresso sulla base delle evidenze morfologiche riscontrate, frutto delle osservazioni svolte sia alla fronte sia nel bacino di accumulo (osservazioni dirette, fotocartografia, rilievi nivologici). Per cui anche le misure frontali vengono ponderate con questo criterio e la terminologia adottata risulta unificata secondo quanto contenuto nella tabella a fondo pagina. Lo stesso criterio viene utilizzato nel riepilogo generale delle variazioni dei ghiacciai lombardi nel periodo 1990-1999 (cap. 4; Tab. 1 e Fig. 1). Inoltre, per uniformità con la metodica in uso nei riepiloghi nazionali del Comitato Glaciologico Italiano, vengono aggiunte la Tab. 2 e la Fig. 2 che illustrano, per lo stesso periodo, le variazioni frontali dei ghiacciai (in questo caso, la fase dinamica corrisponde al segno algebrico: 0 m: *stazionario*; segno -: *in ritiro*; segno +: *in avanzata*). A questi primi paragrafi fa seguito un commento generale sull'andamento del glacialismo lombardo nell'anno idrologico 1998-1999 (cap. 5): il capitolo tratta l'argomento in una visione globale a livello regionale. Le modificazioni della copertura glaciale dei singoli settori montuosi (Spluga-Lei, Codera-Masino, Disgrazia-Mallero, Bernina, Scalino, Dosdè-Piazzo-Livigno, Ortles-Cevedale, Adamello, Orobic) vengono illustrate nella parte sistematica.

### b - PARTE SISTEMATICA

L'insieme delle rilevazioni eseguite è raccolto nelle tabelle di riepilogo (pp. 105-108) e quivi corredate da note succinte. Al testo esteso vengono affidati esclusivamente i rilievi di quei ghiacciai che hanno mostrato modificazioni o fenomeni di particolare interesse. Nella gran parte dei casi, quanto illustrato nelle relazioni trova riscontro nelle immagini fotografiche di corredo. La scheda, oltre alle note descrittive, contiene: il *numero di catasto* e il *nome del ghiacciaio*; la *data del rilievo* (è quella cui si riferiscono le note); *Q.M.F.*: la *quota minima frontale*; la *fase dinamica* (con indicazione degli apparati di nuova identificazione); la *variazione frontale media annua* (tra parentesi l'anno di riferimento se diverso da quello precedente); i *nomi degli autori* del rilievo.

### c - TAVOLE DI RIEPILOGO (pp. 105-108)

Per il singolo ghiacciaio vengono indicati: il *numero di catasto*<sup>1</sup>, la *data del rilievo*, la *variazione frontale* e la *fase dinamica*, la quota della *snow-line* (Q.s.l.), la *quota minima della fronte*, una nota sintetica.

#### INDICI SINTETICI UTILIZZATI PER DEFINIRE LA FASE DINAMICA ANNUALE DEI GHIACCIAI LOMBARDI E DELL'ALTO ADIGE: SIGLE E SIGNIFICATI

stazionario	S	Nessuna variazione morfologica significativa rispetto al controllo precedente.
incremento lieve	IL	L'innnevamento stagionale è esteso a buona parte del corpo glaciale: possibile un lieve incremento del nevato rispetto all'anno precedente.
incremento moderato	IM	L'innnevamento stagionale è esteso all'intero corpo glaciale; la fronte mostra un possibile progresso rispetto all'anno precedente.
incremento forte	IF	L'innnevamento stagionale copre l'intero corpo glaciale e si estende anche sul terreno circostante; la fronte mostra una evidente avanzata rispetto all'anno precedente.
decremento lieve	DL	Innevamento residuo scarso, ritiro della fronte; oppure fronte stabile ma modesta riduzione di spessore.
decremento moderato	DM	Innevamento residuo molto scarso o assente, sicuro ritiro della fronte; riduzione di spessore e superficie.
decremento forte	DF	Innevamento residuo assente, forte ritiro frontale, oppure fronte stabile ma netta riduzione di spessore e superficie.
incerto	I	Il segno della fase dinamica annuale è dubbio (ad es.: quando l'intervallo di misura è superiore ai 2/3 anni).
estinto <sup>2</sup>	E	estinto nell'anno in corso
estinto (conferma) <sup>3</sup>	EC	già estinto nell'anno/i precedente/i.
Unità di nuova identificaz. <sup>4</sup>	neo	rinvenuta per la prima volta in assoluto o riconosciuta come a sé stante nell'anno in oggetto.
Serie 8000.0 <sup>5</sup> Forma glaciale minore (massa glaciale non catastabile: M.G.N.C). La fase dinamica non viene indicata		
Serie 9000.0 Forma glaciale minore (sito a potenzialità nivo-glaciale: S.P.N.G.). La fase dinamica non viene indicata		

<sup>1</sup> vedi "Catasto dei Ghiacciai Italiani", CGI - CNR, 1961, aggiornato da "Ghiacciai in Lombardia", SGL, 1992.

<sup>2</sup> per il Settore Alto Adige sostituito da "non esistente".

<sup>3</sup> per il Settore Alto Adige sostituito da "non esistente".

<sup>4</sup> per il Settore Alto Adige non utilizzato.

<sup>5</sup> le serie 8000.0 e 9000.0 per il Settore Alto Adige non vengono utilizzate.

## 1 - DATI GENERALI

**Totale delle osservazioni compiute: 147**

<b>GHIACCIAI OSSERVATI:</b>	<b>132</b>
ghiacciai esistenti al 1998:	131
unità di nuova identificazione (1999) <sup>6</sup> :	1
<b>ALTRE OSSERVAZIONI:</b>	
gruppo dei ghiacciai estinti al 1997:	6
forme glaciali minori:	6
effluenze del Ghiacciaio dell'Adamello:	3
<i>ghiacciai sottoposti alla sola osservazione fotografica:</i>	<b>109</b>

operatori impiegati: 67; numero delle giornate di rilievo: 207; numero totale delle inquadrature fotografiche: 516.

## 2 – ELENCO DEI GHIACCIAI CAMPIONE (aggiornamento 1999-2000)

I ghiacciai campione, quelli di maggior interesse scientifico, vengono suddivisi in gruppi in base all'importanza glaciologica (dimensioni, lunghezza della serie storica di misure ecc.); i Gruppi I e II contengono i ghiacciai principali. Tutti gli apparati possiedono almeno un segnale di misura alla fronte. A questa regola fa eccezione il Gruppo IV, che comprende ghiacciai non misurabili ma di indubbia importanza.

GRUPPO I (24 unità)	GRUPPO II (24 unità)	GRUPPO III (41 unità)	
<b>SPLUGA-LEI</b> 01-Ferrè	01-Suretta Sud 02-Cima Lago Ovest	01-Tambò Inferiore	
<b>CODERA-MASINO</b> 02-Rasica Es	03-Passo di Bondo 04-Pioda Sud	02-Sivigia NE	
<b>DISGRAZIA-MALLERO</b> 03-Ventina 04-Vazzeda	05-Predarossa 06-Cassandra Est 07-Disgrazia 08-Sissone	03-Cassandra Ovest 04-Cassandra Centrale 05-Sassera 06-Punta Baroni 07-Passo di Chiareggio	08-Cima di Rosso SE 09-Cima di Rosso E 10-Cima Valbona N 11-Monte Rosso SE 12-Pizzo Tre Mogge
<b>BERNINA-SCALINO</b> 05-Scerscen Inferiore 06-Caspoggio 07-Fellaria Ovest 08-Scalino	09-Scerscen Superiore 10-Fellaria Est	13-Marinelli	
<b>DOSDE'-PIAZZI-LIVIGNO</b> 09-Dosdè Est 10-Campo Nord	11-Cardonnè 12-Val Viola Est 13-Val Viola Ovest	14-Campaccio 15-Sasso Torto 16-Verva Maggiore 17-Dosdè Ovest	18-Dosdè Centrale II 19-Mine 20-C. Capra Dentro
<b>ORTLES-CEVEDALE</b> 11-Vitelli 12-Castelli Ovest 13-Gran Zebrù 14-Cedec 15-Palon de la Mare 16-Forni 17-Tresero 18-Dosegù 19-Sforzellina	14-Zebrù 15-Castelli Est 16-Rosole 17-Col de la Mare I 18-Punta Pedranzini 19-Alpe Sud 20-Savoretta	21-Platigliole 22-Crapinellin 23-Cristallo Est 24-M. Vecchia II 25-Forà 26-San Giacomo Est 27-San Giacomo w 28-Cerena 29-Passo Dosegù I 30-Tresero SW	
<b>ADAMELLO</b> 20-Pisgana Ovest 21-Venerocolo 22-Adamello (Effluenza Salarno)	21-Pisgana Est	31-Avio Est 32-Aviolo 33-Remulo 34-Miller	
<b>OROBIE</b> 23-Marovin 24-Trobio Ovest	22-Lupo 23-Porola 24-Trobio Est	35-Bondone Inferiore 36-Druet 37-Fascere 38-Dente di Coca	39-Scais 40-Podavista 41-Coca Superiore
<b>GRUPPO IV</b> (5 unità) 1-Ponciagna; 2-Val Lia; 3-Miniera; 4-Campo; 5-Avio Centrale			

<sup>6</sup> si tratta della *forma glaciale minore* n. 8001.0, denominata Guglic d'Altare (Settore Spluga-Lei).

### 3 - ANALISI DEI DATI DI VARIAZIONE

Unità osservate:	131	%
Ghiacciai in decremento:	116	(88,5 %)
Ghiacciai stazionari:	8	(6,2 %)
Ghiacciai in incremento:	0	
Ghiacciai incerti:	5	(3,8 %)
Ghiacciai estinti <sup>7</sup> :	2	(1,5 %)

### 4 - RIEPILOGO DELLE VARIAZIONI DEI GHIACCIAI LOMBARDI NEL PERIODO 1990-1999<sup>8</sup>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
anno	ghiacciai osservati	variaz. accert.	fase negativa	stazionari	incerti	fase positiv.	estinti	nuova Ident.	est. prec	forme minori	effluen. Adam.	totale osservaz.
1990	<b>183</b>	<b>174</b>	98	47	25	1	3	9	7	3	3	<b>196</b>
		%	56,3	27	14,4	0,6	1,7					
1991	<b>163</b>	<b>158</b>	91	41	24	0	2	5	11	9	5	<b>188</b>
		%	57,6	26	15,2	0	1,2					
1992	<b>131</b>	<b>131</b>	73	28	27	2	1	0	8	2	2	<b>143</b>
		%	55,7	21,4	20,6	1,5	0,8					
1993	<b>162</b>	<b>160</b>	84	51	22	2	1	2	10	2	1	<b>175</b>
		%	52,5	31,9	13,8	1,2	0,6					
1994	<b>247</b>	<b>244</b>	129	69	38	2	6	3	15	4	2	<b>268</b>
		%	52,9	28,3	15,6	0,8	2,4					
1995	<b>190</b>	<b>186</b>	99	59	26	1	1	4	5	2	4	<b>202</b>
		%	53,2	31,8	14	0,5	0,5					
1996	<b>244</b>	<b>236</b>	138	58	27	7	6	8	13	9 (28)	3	<b>269</b>
		%	58,4	24,6	11,5	3	2,5					
1997	<b>211</b>	<b>206</b>	99	70	16	18	3	5	14	16 (33)	5	<b>246</b>
		%	48	34	7,8	8,7	1,5					
1998	<b>250</b>	<b>249</b>	200	25	14	5	5	1	22	27 (54)	5	<b>304</b>
		%	80,3	10,1	5,6	2	2					
1999	<b>131</b>	<b>131</b>	116	8	5	0	2	0	6	7 (15)	3	<b>147<sup>9</sup></b>
		%	88,5	6,2	3,8	0	1,5					

Tab. 1 (legenda): - 1: anno del rilievo; - 2: numero totale dei ghiacciai con fase dinamica accertata e di quelli osservati per la prima volta nell'anno in esame (colonne 3 e 9); - 3: numero dei ghiacciai con fase dinamica accertata; - 4, 5, 6, 7: per fase dinamica, con percentuale; - 8: estinti nell'anno in esame, rispetto alla stagione precedente; - 9: ghiacciai identificati per la prima volta nell'anno in esame; sono escluse le forme glaciali minori di nuova identificazione; - 10: ghiacciai estinti precedentemente all'anno in esame; - 11: "forme glaciali minori": comprende i "siti a potenzialità nivo-glaciale" e le "masse glaciali non catastabili" che non compaiono nelle colonne 8 e 10 (le unità di queste due colonne fanno in effetti parte delle forme glaciali minori; il numero aggregato viene posto tra parentesi); - 12: effluenze del Ghiacciaio dell'Adamello osservate; - 13: numero totale delle osservazioni: è dato dalla somma dei valori contenuti nelle colonne 2, 10, 11 e 12.

<sup>7</sup> dichiarati estinti nell'anno del rilievo.

<sup>8</sup> nel 1996 il Servizio Glaciologico Lombardo ha redatto un nuovo elenco delle unità glaciali regionali che comprende, accanto ai ghiacciai e ai glacionevati (dotati di numero di catasto), un indice particolare relativo alle forme glaciali minori, suddivise in siti a potenzialità nivo-glaciale (S.P.N.G., serie 9000.0) e in masse glaciali non catastabili (M.G.N.C., serie 8000.0). Si tratta di piccoli campi di ghiaccio e/o di nevato per i quali non è possibile un inquadramento classificativo certo sulla base dei criteri vigenti. Per effetto della attuale fase di regresso, il loro numero è andato progressivamente aumentando.

<sup>9</sup> nel totale delle osservazioni non sono compresi i 109 apparati sottoposti a semplice controllo fotografico.

**5 - ANNO IDROLOGICO 1998-1999: ANDAMENTO DELLA COPERTURA NIVO-GLACIALE DELLA LOMBARDIA** (vedi anche tabelle e figure da pag. 79 a pag. 89)

A. Galluccio

L'attuale fase di contrazione delle masse glaciali lombarde non ha probabilmente riscontro in alcuno dei periodi climatici del secolo appena trascorso né, tanto meno, nei tre precedenti, in cui si sviluppò, come noto, la Piccola Età Glaciale. In altre parole è sicuro che per molti ghiacciai bisogna risalire sino al XV secolo per rinvenire, o meglio ipotizzare, dimensioni più ridotte di quelle odierne. Questo lo scenario in cui si inseriscono le presenti note, ancora una volta improntate alla descrizione di eventi drasticamente penalizzanti: l'anno idrologico 1998-1999 ha infatti segnato un'ulteriore, importante tappa involutiva per il glacialismo, nella direzione di una variazione climatica ormai conclamata non solo per il suo segno, inequivocabile, ma anche per i ritmi con cui si manifesta.

Il caso dell'annata in oggetto apporta un nuovo bagaglio di conoscenze che in parte confermano quanto già supposto in precedenza, in parte aggiungono nuovi elementi di valutazione. Così, ad esempio, è noto come il regime termico estivo sia il punto cardine del bilancio nivo-glaciale annuale alle medie latitudini boreali: la stagione di ablazione appena trascorsa ben supporta questa tesi, se è vero che un grave deficit si è creato nonostante un'estate calda ma non torrida e soprattutto frequentemente perturbata ma, purtroppo, caratterizzata da temperature medie giornaliere elevate. La tanta pioggia caduta in agosto, se fosse stata neve avrebbe portato le superficie glaciali ancora innevate sino all'autunno e ora saremmo qui a disquisire di un'interruzione imprevista del ritiro dei ghiacciai. Oppure, si sa che le nevicate del primo inverno e dell'autunno, scarse nel 1998, sono le più idonee, in quanto "calde", a formare un fondo compatto che meglio resisterà all'ablazione estiva.

Inoltre, appare evidente che servono sommatorie di accumulo nevoso annuale molto superiori alle attuali per garantire condizioni di partenza che possano far sperare in una situazione di "equilibrio" glaciale. E altro ancora.

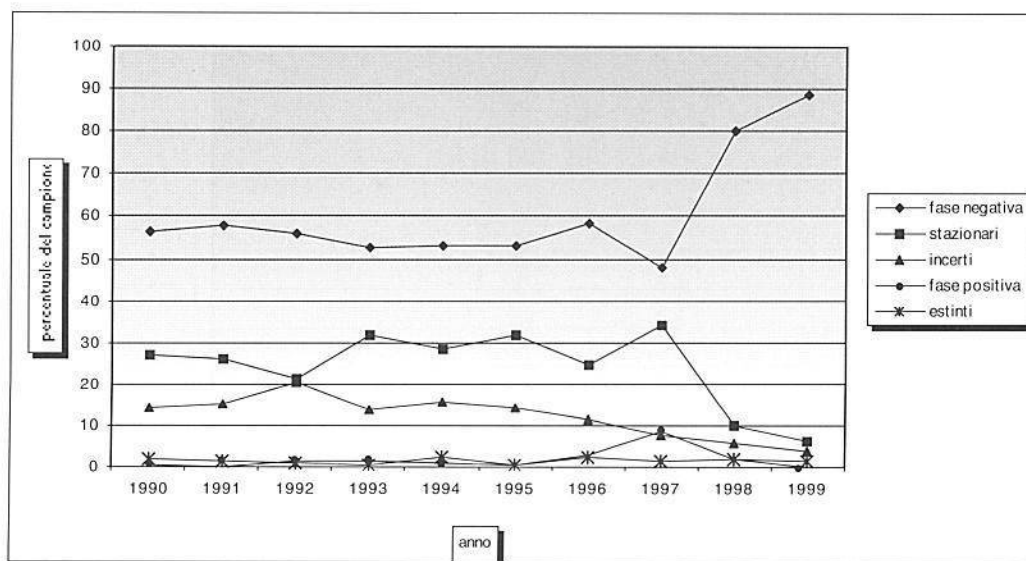


Fig. 1: riepilogo statistico percentuale delle variazioni del campione globale dei ghiacciai lombari nel decennio 1990-1999. La fase dinamica viene valutata con un'analisi plurifattoriale, che stima l'effettivo andamento del bilancio di massa annuale indipendentemente dalle variazioni frontali (dati della Tab. 1).

Poi le novità: scopriamo il *ghiaccio di sovrainposizione*<sup>10</sup> nella veste di fenomeno fondamentale per il bilancio estivo, essendo in grado di proteggere la vecchia superficie glaciale in via di scoperta per più giorni, differendone l'erosione. In effetti, le indagini nivologiche approntate dal SGL e dal Centro Nivometeorologico Regionale di Bormio hanno permesso l'approfondimento di molti importanti aspetti della dinamica glaciale che non sono desumibili dal solo controllo delle fronti.

Molto è ancora da confermare, forse da scoprire. Il rischio è che venga meno la materia prima di tanti sforzi, cioè l'azzurro ghiaccio di ghiacciaio. Le condizioni climatiche odierne tendono infatti a portare il limite delle nevi attorno ai 3400-3500 m di quota: il che significa che circa il 90% della copertura glaciale complessiva delle Alpi Centrali italiane sta perdendo massa. Di questo passo le estinzioni si succederanno a ritmo serrato nei prossimi anni, nonostante i ghiacciai siano elementi vivi del paesaggio montano che vendono cara la pelle, annidandosi nei recessi più ombrosi, coprendosi di detriti, arrestando le valanghe con le loro morene frontali.

anno	N. ghiacciai in ritiro	N. ghiacciai in avanzata	N. ghiacciai stazionari	N. totale ghiacciai misurati	Ritiro %	Avanzata %	Stazionari %
1990	35	3	2	40	87,5	7,5	5,0
1991	23	1	2	26	88,5	7,7	3,8
1992	33	1	1	35	94,4	2,8	2,8
1993	32	2	2	36	88,8	5,6	5,6
1994	39	3	5	47	83,0	6,4	10,6
1995	38	2	4	44	86,5	4,5	9,0
1996	48	3	1	52	92,3	5,8	1,9
1997	37	17	1	55	67,2	31,0	1,8
1998	53	6	2	61	86,9	9,8	3,3
1999	47	4	6	57	82,5	7	10,5

Tab. 2: le variazioni frontali dei ghiacciai lombardi negli ultimi 10 anni: la fase dinamica è espressa secondo il segno algebrico (vedi "Avvertenze per la lettura" par. A).

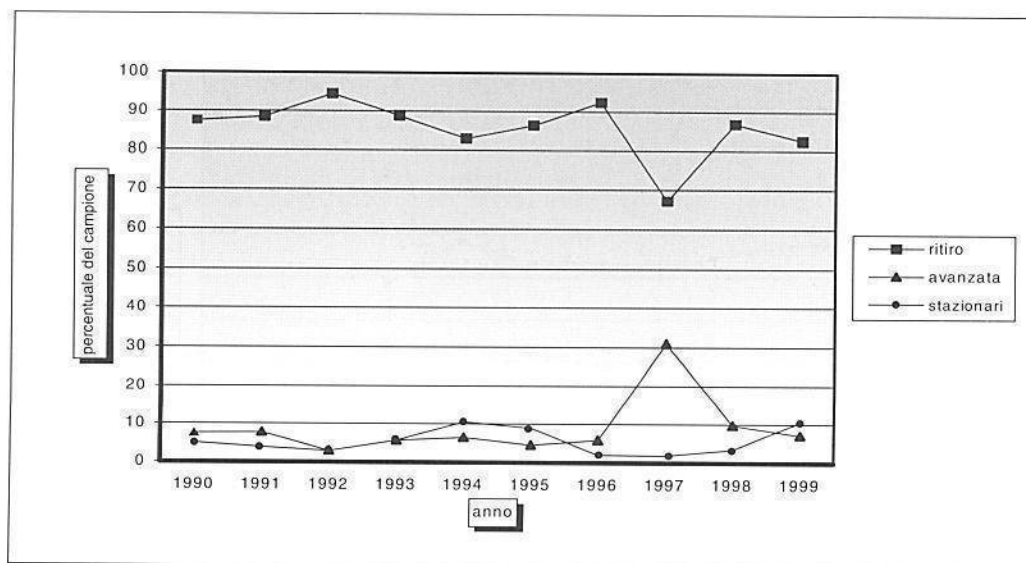


Fig. 2: grafico delle variazioni frontali dei ghiacciai lombardi nel decennio 1990-1999 (dati della Tab. 2).

<sup>10</sup> vedi pag. 85.



Semplice fornire dati: negli ultimi 3 anni, i ghiacciai lombardi che ancora presentino un limitato bacino di accumulo dei soli apporti diretti (escludendo cioè i siti alimentati prevalentemente da valanghe), sono il Ghiacciaio di Passo di Bondo in Val Masino, i ghiacciai Disgrazia, Sissone, Scerscen Inferiore e Superiore (ambedue in porzioni molto piccole) e Fellaria Est in Val Malenco, il Ghiacciaio di Campo Nord a Livigno, i ghiacciai dei Vitelli, Zebrù, Miniera, Cedec, Palon del Mare, Forni (solo la colata orientale), Dosegù nell'Ortles Cevedale, e i ghiacciai di Venerocolo e dell'Adamello in Val Camonica e in alta Val di Genova.

Un elenco assai breve, tenuto conto che le unità glaciali lombarde sono circa 400 (comprese le forme minori), che può allungarsi un poco se si considerano anche i depositi di valanga: si arriva così a poche decine di siti.

Ecco comporsi il quadro dell'andamento dei ghiacciai al termine dell'anno idrologico: decremento generalizzato, un poco inferiore a quello, pesantissimo, del 1998 solo in virtù di una maggior sopravvivenza del manto nevoso all'inizio dell'estate. Quest'ultima evenienza, che ha portato a risparmi anche considerevoli, è stata però in parte vanificata dal periodo caldo di settembre: molti accumuli residui si sono in questo periodo dissolti e la fusione del ghiaccio scoperto è ripresa quasi a pieno regime, soprattutto sulle superfici rivolte a meridione.

La tab. 1 e la fig. 1 riassumono questo andamento: solo 13 tra i ghiacciai sottoposti a rilievo non mostrano segni di ritiro, nessuno evidenzia segni di progresso. Il S.G.L. ha eseguito inoltre 109 controlli esclusivamente fotografici, esclusi dalle statistiche per la scelta tecnica di rendere pluriennali le valutazioni sulle masse glaciali non comprese nell'elenco dei ghiacciai campione. Uno sguardo a questo materiale è stato pur dato: 5 unità sono apparse certamente stazionarie o in lieve incremento (ghiacciai Cima di Lago Nord, Cassandra Superiore, Sassa d'Entova, Pizzo Tresero Nord, Baitone Est), probabilmente a causa di fattori locali. In definitiva, il 90% dei ghiacciai lombardi è in fase di contrazione conclamata, il dato peggiore registrato negli ultimi 20 anni.

La tab. 2 e la fig. 2 contengono i dati relativi ai ghiacciai sottoposti a misura frontale, valutati con metodo "algebrico": le percentuali sono un poco diverse rispetto a quelle dei ricpiloghi globali. Va detto che nessuno dei quattro apparati in cui si registra un progresso frontale è in effettivo incremento: si tratta di evenienze particolari (errori di misura precedenti, fronti costituite da corpi di valanga pluriennali) e nel caso del Ghiacciaio del Passo di Chiareggio, di una avanzata della fronte dovuta al carico imposto da una grande frana di materiale roccioso (lo abbiamo chiamato "effetto Brenva" per le analogie con l'avanzata dell'omonimo ghiacciaio del Monte Bianco negli Anni Venti e Trenta).

Al momento in cui queste note vengono composte (gennaio 2000), una nuova stagione d'accumulo è già iniziata (anno idrologico 1999-2000), ancora una volta sotto i peggiori auspici. La sintesi è: poca neve e temperature estive in aumento. I ghiacciai sono destinati a ritirarsi in alti, o protetti recessi, e forse li a rigonfiarsi se si confermerà l'incremento delle precipitazioni che viene associato all'affermarsi dell'*effetto serra*. Le nostre montagne cambieranno aspetto.

## ABSTRACT

Nel corso della campagna glaciologica 1999 sono stati indagati 131 ghiacciai lombardi: il 90% circa del campione è risultato in fase di decremento di massa. Sotto il profilo delle dinamiche glaciali, questo dato è il peggiore degli ultimi 10 anni e conferma il trend gravemente negativo esordito nella tarda estate del 1997. Cause di tale situazione, che va rapidamente modificando l'aspetto delle Alpi Centrali italiane, sono la scarsità dell'accumulo nevoso e, soprattutto, l'andamento meteorologico estivo che risulta ogni anno più penalizzante per la conservazione del manto nivoglaciale. Una situazione diversa si rinviene al di sopra dei 3500 m di quota, dove la neve pare conservarsi anche nel corso dell'estate. Molti ghiacciai di piccole dimensioni sono prossimi all'estinzione.

Parole-chiave: *ghiacciai lombardi, ritiro glaciale*

During the 1999 glaciological campaign, 131 glaciers were investigated in the Lombardy Region: about 90% of the sample was undergoing a phase of mass decrease. From the point of view of glacial dynamics, this is the worst record of the past ten years, which bears out the extremely negative trend that started in the late summer of the year 1997. The lack of snow accumulation and above all the summer weather course, which becomes every year more and more unfavourable for the preservation of the snow-ice blanket, were the main causes of that situation which is gradually changing the aspect of the Italian Central Alps. A different situation was registered above 3500m of height, where the snow seemed to keep even during summer. Many small-sized glaciers are going to disappear soon.

Key words: *glaciers in Lombardy, glaciers' retreat*

Pendant la campagne glaciologique 1999 on a observé 131 glaciers de la Lombardie, dont le 90% a subi un décremént de masse. Au niveau des dynamiques glaciaires, cette donnée est la pire depuis 10 années, et elle confirme la tendance négative commencée à la fin de l'été 1997. Les causes de cette situation, qui va changer rapidement l'aspect des Alpes Centrales Italiennes, sont l'insuffisante accumulation de neige et surtout les conditions météorologiques d'été, qui ne favorisent pas la conservation de la couche neigeuse et de glace. Par contre, au dessus de 3500 m d'altitude, la neige semble se conserver même pendant l'été. Beaucoup de petits glaciers vont s'éteindre.

Mots clés: *glaciers de la Lombardie, recul des glaciers*

Im Laufe der 1999 glaziologischen Kampagne wurden 131 Gletscher in der Lombardei untersucht: es stellte sich heraus, daß 90% der Probe eine Massenverminderung verzeichnete. Im Bezug auf die Gletscherdynamik sind diese die schlechtesten Daten der vergangenen 10 Jahren und sie bestätigen die besonders negative Tendenz, die im Spätsommer vom Jahr 1997 begann. Die knappe Schneecablagerung und vor allem der Sommerwetterablauf, der jedes Jahr immer mehr den Zustand der Schnee-Eisdecke benachteiligt, waren die Ursachen dieser Lage, die schnell das Aussehen der Italienischen Zentralalpen verändern lassen wird. Man verzeichnete eine verschiedene Lage über 3500m, wo die Schnee auch im Laufe des Sommers sich zu erhalten scheint. Viele kleinen Gletscher werden bald verschwinden.

Schlüsselwörter: *Gletscher in der Lombardei, Gletscherrückzug*

CAMPAGNA GLACIOLOGICA 1999 NELLE ALPI CENTRALI ITALIANE									
N° cat.	Unità glaciale	DATA	VAR.	fase	QMF	snow-	OPERATORI E NOTE		
			fronte	din.		line			
<b>SETTORE SPLUGA-LEI</b>									
365.0	PIZZO FERRE'	22-ago	-100	DF	2570				Perdita della lingua valliva (frane di ghiaccio). Neve vecchia scarsa. (Congiu)
9001.0	CIMA SUD DI VAL LOGA	28-ago		EC					Modesta placca nevosa. Si conferma l'estinzione dell' apparato. (Congiu)
367.0	VAL LOGA	28-ago		DF	2815				Rispetto al 1994 si nota lo smembramento in tre placche separate. (Congiu)
367.1	VAL LOGA NORD-EST	28-ago		S	2670				Invariato. Incremento del morenico a sx. Residuo di valanga. (Congiu)
370.0	TAMBO' INFERIORE	2-ott	-4	DL	2745	2770			20 cm di neve fresca. Nessuna variazione di rilievo. (Felisa).
371.0	SURETTA SUD	28-ago	-18,5	DM	2685				Forte ritiro; nuovo sito nivologico; la neve vecchia, abbondante all'inizio, scompare solo a settembre. (Congiu, Ghielmi, Palermo, Lojaccono)
			('97)						
372.0	ORSAREIGLS	11-set		DM	2705				Ghiacciaio sempre più sottile: morenico in aumento per crolli. (Lojaccono, Congiu)
373.0	MORTEE'	17-ago		DL	n.v.				Ghiacciaio smembrato in due settori, invariato rispetto al 1998. (Piccini)
1004.0	CIMA DI LAGO OVEST	2-set		DL	2590	2750			Morenico in incremento a dx; discreto residuo nevoso (15-20 %). (Palermo)
1005.0	PONCIAGNA	8-set		DL	2450				Raggiunge ancora il lago, che si è ingrandito (200 x 350 m). (Piccini e Palermo).
8000.0	SITO DI Q. 2966	28-ago							Netta riduzione rispetto al 1994. Superficie di poco inferiore all'ettaro. (Congiu)
8001.0	GUGLIE D'ALTARE SE	2-set		neo	2800				Nuova unità glaciale, persistente almeno dal 1989; ghiaccio affiorante. (Palermo)
9002.0	CALCAGNOLO	17-ago		EC					Piccole placche di neve non collegate. Dubbio ghiaccio sepolto. (Piccini)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 364.0 Pizzo Quadro Nord, 368.0 Pizzo Zoccone, 369.0 Tambò, 372.1 Passo Suretta Ovest, 1001.1 Cima Sovrana Ovest,									
1002.0 Pizzo Rosso, 1003.0 Cima di Lago Nord									
<b>SETTORE CODERA-MASINO</b>									
376.0	SIVIGIA NORD-EST	5-set	-2	DL	2500	2750			Perdita di massa in destra-idrogr. Fronte stabile. Poca neve vecchia (Elli, Rossini)
8100.0	LADROGNO			EC					La placca W è scomparsa, mentre le altre due si sono smagrite. (Elli, Colzada)
385.0	BADILETTO	5-set		DL	2930				Riduzione del conoide. Esiti di frane. (Grazzi, Lonardo, Zocchetti, Bassi, Scolari)
386.0	BADILE	5-set		DM	2900				Placca sottile. Innevamento completo. (Grazzi, Lonardo, Zocchetti, Bassi, Scolari)
388.0	CENGALO SUD-EST	5-set		DL	2805	3050			Innevamento residuo importante. Apparato ben conservato. (Zocchetti, Bassi)
390.0	PASSO DI BONDO	5-set	-2,5	DL	2850	3020			In evidente involuzione Un segmento frontale sta per staccarsi (Zocchetti, Bassi)
393.0	PIZZO DEL FERRO CENTR.	22-ago		S	2810	2830			Ghiaccio morto coperto di detriti molto a valle della fronte. Sito nivologico (Elli)
399.0	RASICA EST	12-set	0	DL	2800	2850			Dissolti i conoidi laterali sinistri. Ghiaccio morto a valle della fronte.
									(Grazzi, Lonardo, Elli, Bassi)
407.0	PIODA SUD	12-set	-20,5	DF	2780	2970			Involuzione a tutte le quote. Grosso conoide nevoso in sinistra idrografica. (Elli)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 388.0 Cengalo SE, 391.0 Passo di Bondo Inferiore, 392.1 Pizzo del Ferro Inferiore, 393.0 Pizzo del Ferro Centrale,									
398.0 Rasica Ovest Sup., 406.0 Pioda Sud- Ovest, 9102.0 Torrione del Ferro.									
<b>SETTORE DISGRAZIA-MALLERO</b>									
408.0	PREDAROSSA	11-set	-30,5	DF	2615				Sta per dividersi in due tronconi. Poca neve residua. Morenico in aumento. (Urso)
410.0	CASSANDRA OVEST	31-ago	0	DF	2800				Privo di accumulo nevoso. Prossimo distacco di una placca in sx-idrogr. (Mariani)
410.1	CASSANDRA CENTRALE	31-ago	-0,5	S	2930	2930			Completamente innevato per esiti di apporti valanghivi. (Mariani)
411.0	CASSANDRA EST	31-ago	-10,5	DL	2735				Colata di trasfluenza esigua. Dimensioni minime in epoca storica. (Mariani)
412.0	SASSERSA	28-ago	-9,5	DL	2685				Privo di neve residua. Fenomeni di erosione epiglaciale. (Parlato, Ghidini)
416.0	VENTINA	21-ott	-7	DL	2205				Deglacializzaz. delle pareti di contorno. Poca neve vecchia. (Stella, Mariani)
419.0	DISGRAZIA	25-ago	NS	DM	2370				Appiattimento in toto; distacco di un segmento. Nuovo segnale. (Mariani, Butti)
420.0	PUNTA BARONI	12-set	-9	DM	2570				Presenta l'innnevamento residuo più scarso degli ultimi 10 anni. (Mariani, Almasio)
421.0	PASSO DI CHIAREGGIO	12-set	+6,5	DM	2525				Fronte in avanzata per il carico detritico della frana del 1997. (Mariani, Almasio)
422.0	SISSONE	12-set	-5	DF	2610				Neve residua scarsa. La variat. frontale sottostima l'involuzione. (Mariani, Almasio)
423.0	CIMA DI ROSSO SUD-EST	12-set	-11	DM	2875				Il collegamento laterale con il Gh. del Sissone non è più dinamico. (Mariani, Almasio)
424.0	CIMA DI ROSSO EST	12-set	+ 12	DL	2770				Variatione positiva per scomparsa della placca pre-frontale. (Mariani, Almasio)
425.0	VAZZEDA	1-set		DF	2750	3000			Sito nivologico. Distacco della lingua dx. Notevole ritiro. (Panza G., Panza P.)
426.0	CIMA DI VAL BONA NORD	26-ago		DL	n.v.				Totale assenza di neve vecchia e morenico in aumento. (Almasio)
427.0	MONTE ROSSO SUD-EST	26-ago	0	DM	n.v.				Emersione di un isolotto roccioso al centro. In pessime condizioni. (Almasio)
431.0	PIZZO DELLE TRE MOGGE	12-set	+ 1,5	S	3000				Innevamento residuo superiore al 1998. (Panza G., Panza P., Butti)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 409.0 Corna Rossa, 409.1 Corni Bruciati I, 409.2 Corni Bruciati II, 409.5 Corni Bruciati V, 411.1 Cassandra Superiore, 415.0 Pizzo Rachele, 417.0 Canalone della Vergine, 418.0 Pizzo Ventina, 430.0 Sassa di Fora, 430.1 Passo delle Tre Mogge, 431.1 Sassa d'Entova, 431.2 Pizzo Malenco Sud, 9200.0 Corni Bruciati III.									
<b>SETTORE BERNINA</b>									
432.0	SCERSCEN INFERIORE	7-set		DL	2560	3100			Involuzione più contenuta che nel '98. Innevam. discreto. (Paneri, Peja, Rosa)
433.0	SCERSCEN SUPERIORE	7-set	-27	E	DM	2530	3200		Sito nivologico. Crollo di una porzione della lingua est. Neve vecchia molto scarsa. (Paneri, Peja, Rosa)
			0	W					
435.0	CASPOGGIO	6-set		DF	2645	2930			Grave fase involutiva, con nuovi affioramenti rocciosi. (Paneri, Peja, Rosa)

N° cat.	Unità glaciale	DATA	VAR.	fase	QMF	snow-	OPERATORI E NOTE
			fronto	din.		line	
438.0	BOCCHETTA CASPOGGIO	9-set		E			Le due placche residuali non sono più visibili. Forma glaciale minore. (Alberti)
439.0	FELLARIA OVEST	14-set	-18	DM	2550		L'onda di piena del 1997 si è esaurita. Neve vecchia quasi del tutto assente. (Catasta, Catasta L., Butti)
439.1	FELLARIA CENTRALE	9-set		DL	2870		Apparato ben conservato. Si è staccata la porzione più occidentale. (Alberti)
440.0	FELLARIA EST	14-set	-6.5	DL	2550	3450	Riduzione dei conoidi di rimpasto adagiati alla testata della lingua valliva. Ben innevato il plateau sup. Riduzione dei crepacci. (Catasta, Catasta L., Butti)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 435.1 Cime di Musella, 436.0 Sasso Moro NE, 437.0 Sasso Moro NW I, 440.1 Fellaria Superiore I, 440.2 Fellaria Superiore II, 441.0 Pizzo Varuna, 441.1 Cima Fontana Nord, 9300,0 Cima Fontana.							
<b>SETTORE SCALINO-PAINALE</b>							
443.0	PIZZO SCALINO	31-ago		DM	2590		Nuove finestre rocciose nella colata del Cornetto. Neve vecchia quasi del tutto assente: annata fortemente negativa. (Butti)
446.0	PAINALE SW	7-set		DM	3080		In fase di contrazione, dopo un lungo periodo di stazionarietà. (Butti)
451.0	VAL MOLINA	30-ago		DF	n.v.		Ridotto a "ghiacciaio nero" dai limiti imprecisabili. (Butti)
452.0	CALINO	8-set		DF	n.v.		"Ghiacciaio nero" in cui il ghiaccio è visibile solo nel settore di testata. (Butti)
9303.0	CIMA FORAME NORD-EST	8-set					Nessun segno di ricostituzione. (Butti)
453.0	CIMA DI FORAME NORD	8-set		I	n.v.		Residuo glaciale di dimensioni imprecisabili. (Butti)
454.0	PASSO DI VAL MOLINA	8-set		I	n.v.		Consistenza residuale ancora discreta ma limiti non indagabili. Nuova SF (Butti)
455.0	PAINALE NE	5-set		S	2700		In discrete condizioni. Ammasso di valanga a valle della fronte. Nuova SF (Butti)
<b>SETTORE DOSDE'-PIAZZI</b>							
457.0	PASSO DOSDE'	4-set		DL			Rispetto al 1989, riduzione di spessore e superficie invece immutata. (Rezzonico)
461.0	REDASCO	3-set		DF			Grave contrazione rispetto allo scorso anno. (Rezzonico)
462.0	CAMPACCIO	15-ott	-51	DF	2710		Neve dell'anno assente. Notevole contrazione, inferiore a quella del 1998. (Bonetti)
463.0	SASSO TORTO	15-ott	+5	S	2697		Buon apporto di valanga. Pare conservarsi bene. (Bonetti)
467.0	VAL LIA	12-set		DM	2605		Ulteriore assottigliamento, esteso a tutte le quote. Neve vecchia scarsa. (Galluccio)
468.0	CARDONNE'	12-set		DF	2480	3100	Neve residua molto scarsa. Nuova finestra rocciosa sulla colata sx. (Galluccio)
471.0	VERVA MAGGIORE	2-set	-29.5	DM	2700		Ritiro per scioglimento della placca pre-frontale. (Rezzonico, A.C. Galluccio)
473.0	DOSDE' EST	12-set	-11.5	DM	2580		Il settore dx terminale della lingua tende a separarsi. Nuove morene galleggianti. Discreto innevamento residuo. (Galluccio F., Mainardi, Salvatore)
474.1	DOSDE' CENTRALE II	26-ago		DL			Ritiro frontale lieve, riduzione di spessore. Corpo di frana. (Galluccio F., Mainardi)
475.0	DOSDE' OVEST	26-ago		DL			Già smembrato in due porzioni, il ghiacciaio tende a dividersi anche nel settore sommitale a causa dell'emersione di un inserto roccioso (Galluccio F., Mainardi)
475.1	DOSDE' INFERIORE	26-ago		I			Piccolo "ghiacciaio nero": confini e dinamica incerti (Galluccio F., Mainardi)
476.0	VAL VIOLA EST	12-set	-2	DL	2835		Scompare, dopo oltre 15 anni, il nevato pre-frontale. (Ratti, Galluccio F., Salvatore)
477.0	VAL VIOLA OVEST	12-set	-5.5	DL	2860		Neve vecchia scarsa. Fronte meno turgida. (Ratti, Galluccio F., Salvatore)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 466.0 Rinalpi, 472.0 Passo dei Sassi Rossi W, 474.0 Dosde' Centrale I, 474.2 Cima di Lago Spalmo W, 474.3 Cantone di Dosde' 474.4 Cantone di Dosde' II, 478.0 Corno di Dosde', 9401.0 Motti, 9403.0 Foscagno.							
<b>SETTORE LIVIGNO</b>							
9405.0	PIZZO FILONE CENTRALE	31-ago					Forse ghiaccio sepolto al di sotto del detrito. Estinto. (Galluccio)
988.1	PIZZO FILONE NORD	31-ago		E			Il glacionevato è estinto. Ghiaccio residuale al di sotto dei detriti. (Galluccio)
995.1	VAL NERA CENTRALE	20-ago		DF	n.v.		Grave involuzione: il ghiaccio non è quasi più visibile. Neve assente. (Bolognini)
996.0	VAL NERA OVEST	20-ago		DM	2700		Superficie stabile e mirino ritiro frontale ma riduzione di spessore. (Bolognini)
997.0	CAMPO NORD	29-ago		DL	2810	3080	Ritiro frontale del lobo destro-idrografico. Ben conservato. (Arzuffi)
1000.0	SALIENTE	24-set		I	2750		Apparato morenizzato, ben conservato. (Galluccio F., Mainardi, Alfredo Galluccio)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 995.0 Val Nera Est, 996.1 Monte Val Nera.							
<b>SETTORE ORTLES-CEVEDALE</b>							
481.0	PLATIGLIOLE	21-ago		DM	2920		Fronte sottile. Innevamento scarso. (Righetti F., Righetti G., Galluccio)
482.0	VITELLI	21-ago	-10	DL	2556		La porzione sx della fronte è costituita da ghiaccio morto. In evoluzione la seraccata mediana. Neve vecchia di discreta consistenza. (Righetti F., Righetti G., Galluccio)
483.0	CRAPINELLIN	19-ago		DM	2795		Regresso attenuato rispetto al 1998. Misure frontali abbandonate. (Galluccio)
484.0	CRISTALLO EST	19-ago		DF	n.v.		Dissoluzione della parte inferiore del ghiacciaio. Neve vecchia discreta (Galluccio)
9501.0	IL VEDRETTINO	22-ago		EC			Matrice di ghiaccio nel pendio di testata; innev. stagionale nullo. (Galluccio, Farioli)
488.0	CAMPO	12-set		DL	2760	3220	Poca neve vecchia; riduzione di spessore delle colate (Galluccio, Pellegrini, Papola)
490.0	ZEBRU'	12-set		DL	2750	3220	Lieve progresso del lobo Est, in risposta a crollo del 1998. Notevole ablazione superficiale. Discreto innevamento residuo. (Galluccio, Bonantoni B., Pellegrini)
492.0	MINIERA	25-ago		DL	2920	3200	Innev. ottimo alle alte quote; frana superf. ancora in posto. (Galluccio, Galluccio F.)
493.0	CASTELLI EST	25-ago	-3	DL	2800		Privo di neve vecchia. Incremento degli affioramenti. (Galluccio, Galluccio F.)

N° cat.	Unità glaciale	DATA	VAR.	fase	QMF	snow-	OPERATORI E NOTE
494.0	CASTELLI OVEST	25-ago	0	DM	2710		Fronte costituita in gran parte da ghiaccio morto. Poca neve. (Farioli, Galluccio)
495.1	MONTAGNA VECCHIA II	12-set		DL	2720		Corpo glaciale ancora cospicuo. Incremento del morenico superficiale. (Galluccio)
496.0	FORA'	28-ago	-5	DL	2745		Mobilizzazione del morenico frontale. (Papola, Pellegri, Galluccio)
500.1	CIMA DELLA MANZINA	30-ago		DL	3180	3180	Completamente innevato. Contenuta riduzione di superficie. (Galluccio)
502.0	GRAN ZEBRU'	29-ago	-4,5 W	DL		3150	Buon innevamento residuo. Scarse variazioni morfologiche. (Catasta)
			-5 C.				
503.0	CEDEC	29-ago	-17 N	DF	2660	3075	Notevole ritiro della fronte settentrionale. Ricostituzione del nevato nel
			-41 S				bacino di accumulo. (Catasta)
506.0	ROSOLE	28-ago	-135	DF	2935		Distacco di una apofisi terminale. Appiattimento. (Galluccio, Galluccio A.C., Catasta)
506.1	COL DE LA MARE I	19-ago	0	DL	2730	3200	La lingua è fatta da due settori a dinamica differenziata per effetto della copertura
							detritica del lato sinistro. Neve vecchia scarsa. (Farioli, Galluccio, Galluccio A.C.)
507.0	PALON DE LA MARE	11-set	-4.5	DL	2990	3400	Lieve ritiro frontale ma appiattimento generale. La fronte della Val Rossole ha dato
							vita a crolli glaciali. (altre 8 date, Galluccio A.C., Zocchetti S., Galluccio, Cola)
507.1	FORNI	18-set	-26.5	DF	2478	3150	Neve vecchia scarsa, tranne che nel settore Est. <i>Calderone del ghiacciaio</i> vicino
							alla fr. Colata est in crescita. (Cola, Casartelli, Galluccio, Galluccio A. C., Catasta)
508.0	SAN GIACOMO EST	18-set	-23	DF	2753		Grave involuzione; neve vecchia assente. (Cola, Galluccio)
509.0	SAN GIACOMO OVEST	18-set	-2.5	DL	2904		Spessore ancora consistente. (Cola, Galluccio)
510.0	CERENA	22-ago	-5,5(97)	DL	2425		Ingrandimento della finestra rocciosa del 1995. (Galluccio A.C., Catasta, Galluccio)
511.0	TRESERO	26-ago	-1	DL	3000	3400	Lieve ritiro, assottigliamento a tutte le quote. (Galluccio A. C. e A., Mauri, Bolognini)
512.0	PUNTA PEDRANZINI	14-ott	-8.5	DL	3130	3450	Scarso decremento per prolungata coper. nevosa estiva. (Cola, Meraldi, Mauri, Galluccio)
512.2	PIZZO TRESERO SW	14-ott	-8	DM	3145		Innevamento residuo nullo. In forte contrazione (Cola, Meraldi, Mauri, Galluccio)
512.1	DOSEGU'	11-set	-29.5	DF	2803	3300	Grave involuzione della fronte. Innevamento residuo scarso sul ghiacciaio, buono
							sulle pareti circostanti. (Galluccio, Bonantoni B., Galluccio A. C.)
513.0	PASSO DOSEGU' I	11-set	-14 (97)	DM	2930		Residuo nevoso assente. Notevole appiattimento. (Mauri - Farioli)
516.0	SFORZELLINA	16-ago	-3.5	DL	2780		Neve vecchia solo nel conoide centrale. Riduzione di spessore (Galluccio)
519.0	ALPE SUD	28-ago	-100	DF	n.v.		<i>Sito nivologico principale</i> . Distacco della porzione inf. Minor fusione del ghiaccio
							rispetto al 1998. Nuovo segnale (Bonetti, Galluccio, Galluccio A. C., Meraldi)
527.0	SAVORETTA	22-ago	-1	S	2662	3000	Riduzione del cuneo roccioso posto al centro della fronte. (Bolognini)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 483.1 Passo Ables Nord, 484.0 Cristallo Centrale, 485.0 Cristallo Ovest, 495.0 Montagna Vecchia I, 495.2 M.V. III,							
495.3 M.V. IV, 497.0 Confinale Ovest, 499.0 Confinale Sud, 502.1 Cima Solda SW, 502.2 Passo di Cedec, 506.2 Col de la Mare II, 507.2 San Giacomo Sud,							
510.1 Pizzo Tresero Nord, 514.0 Punta Sforzellina NE, 517.0 Lago Bianco, 518.0 Gavia, 522.0 Sobretta NE Sup., 522.1 Sobretta NE Inf., 523.0 Sobretta NW,							
524.0 Profa, 526.1 Passo di Savoretta, 571.0 Pietre Rosse Nord, 8501.0 Alpe Nord, 8502.0 Vallecetta, 8503.0 Pietre Rosse Est, 9503.0 Cima della Miniera,							
9511.0 Coleazzo Sud, 9512.0 Coleazzo Nord.							
<b>SETTORE ADAMELLO</b>							
575.0	PISGANA EST	12-set	-21.5	DF	2560	3100	Crollo parziale della fronte pensile. (Monfredini, Pala, Galluccio)
577.0	PISGANA OVEST	29-ago		DM	2562	3200	Forte regresso; distacco di una placca sotto la Bocch. dei Frati Grave riduzione
							di spessore. Neve vecchia molto scarsa (Pala, Monfredini, Zucchini, Galluccio)
581.0	VENEROCOLO	28-ago	-8	DM	2560	3200	Scarse modificazioni. Piccola pozza proglaciale, nella quale si immerge parte della
							fronte. Morenico in ulteriore incremento. (Cozzi, Gigliuto)
582.0	AVIO EST	2-set	NS	DL	2940	3100	Scarse modificazioni. Posto un nuovo segnale di misura. (Cozzi, Gigliuto)
583.0	AVIO CENTRALE	2-set		DL	2620	3000	Lieve ritiro frontale in dx idrografica. In incremento il morenico. (Cozzi, Gigliuto)
8602.0	MONTE AVIO I	3-ott					Piccola placca residuale. (Monfredini)
8603.0	MONTE AVIO II	3-ott					Placca di piccole dimensioni, sorprendentemente sopravvissuta. (Salvioni)
591.0	AVIOLO	23-set		DF	2540		Ritiro laterale e crollo della fronte. Grave involuzione. (Bonardi, Monfredini)
596.0	BOMPIA'	7-ago		I	n.v.		Bacino occupato da detriti. Dubbie dimensioni. (Galluccio, Monfredini, Zucchini)
599.0	CIMA DEL LAGHETTO	16-set		DF	n.v.		Grave riduzione complessiva. (Caprara, Ciceri)
599.1	MILLER INFERIORE	16-set	0	DF	2790		Allargamento del gradino roccioso, fronte sepolta nel morenico. (Caprara, Ciceri)
601.0	REMULO	16-set		DM	2850		Notevole riduzione di volume. Ritiro frontale marcato. (Caprara, Ciceri)
608.0	ADAMELLO (Complessivo)			DF	2670		Neve vecchia quasi del tutto assente nei settori di testata (Almasio)
	EFFLUENZA SALARNO	15-set			2720		L'ungghia terminale, pur stazionaria, è prossima al distacco. (Pelosato)
	CONOIDE DI SALARNO	15-set	-14.5		2670		Netto ritiro frontale. Sono però ripresi i crolli dall'Effi. Corno di Salarno. (Pelosato)
	EFFLUENZA MANDRONE				n.v.		Notevole ritiro frontale e riduzione della colata sul margine dx-idrogr. (Almasio)
9609.0	SAVIORE	8-ott		EC			Nessun residuo glaciale visibile. (Urso)
9610.0	PLACCHE EST FRISOZZO	8-ott					Una piccola placca occupa il settore centrale del piccolo bacino-falda. (Urso)
613.0	FRISOZZO	8-ott		DF	n.v.		Grave riduzione rispetto al 1994. Due placche residue. In pre-estinzione. (Urso)
9611.0	PLACCHE W FRISOZZO	8-ott					Nessun residuo glaciale visibile. (Urso)



N° cat.	Unità glaciale	DATA	VAR.	fase	QMF	snow-	OPERATORI E NOTE
			fronte	din.		line	
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 573.1 Payer Superiore, 574.0 Payer Inferiore, 574.1 Punta Pisgana Nord, 574.2 Punta Pisgana NW, 578.0 Salimmo, 8607.0 Placca di Salimmo, 9601.0 Val Seria, 578.0 Calotta, 584.0 Avio Ovest, 585.0 Piem, 585.1 Baitone Est Sup., 586.0 Baitone Est, 587.0 Lavedole, 8601.0 Giuello Est, 590.1 Cima Laste Nord, 590.2 Cima Wanda, 591.1 Cima dei Laghi Gelati, 592.0 Val Gallinera I, 593.0 Val Gallinera II, 594.0 Val Gallinera III, 595.0 Val Gallinera IV, 598.0 Bompì, 598.0 Cristallo, 8604.0 Corno Miller Sud.							
<b>SETTORE OROBIE</b>							
528.0	TORENA INFERIORE	24-set		DL	n.v.		Poca neve residua vicino alla fronte; superficie erosa dall'ablazione. (Merati)
528.1	TORENA SUPERIORE	24-gen		DL	n.v.		Assenza di neve vecchia; a rischio di estinzione. (Merati)
529.0	CARONELLA EST	13-set		DL	n.v.		"Ghiacciaio nero", peraltro ancora abbastanza esteso. (Merati, Butti)
530.0	CARONELLA CENTRALE	13-set		DL	n.v.		Poca neve residua; quasi completamente coperto di morena. (Merati)
531.1	VAL CARONELLA	13-set		DL	n.v.		Privo di neve vecchia; le porzioni laterali sono sepolte nel detrito. (Merati)
532.0	BONDONE SUPERIORE	27-ago		DL	n.v.		Incremento del morenico, grave fase involutiva. (D'Adda, Previtali)
533.0	BONDONE INFERIORE	27-ago		DL	n.v.		Neve vecchia assente. Colata di detriti al centro. Notevole ritiro. (D'Adda, Previtali)
538.0	DRUET O VAGH	1-set		DL	n.v.		Morenico in aumento e assenza di neve vecchia. Fronte dai limiti incerti. (Butti)
539.0	FASCERE	1-set		DM	n.v.		Quasi completamente coperto di detriti. Innevamento residuo assente. (Butti)
540.0	VAL SENA	1-set		DL	2150		Nevato degli anni scorsi sull'intera superficie. Lieve contrazione. (Butti, D'Adda)
541.0	MAROVIN	10-ott	-2.5	DL	2025		L'innnevamento residuo è il più scarso degli ultimi 10 anni. Riduzione dei canali di alimentazione. Il ghiaccio a vista appare dilavato. (Butti)
542.0	DENTE DI COCA	1-set		DL	2180		Completamente coperto di nevato precedente. Lieve riduzione. (Butti)
543.0	LUPO	28-ago		DM	2410		Ritiro frontale. Riduzione della placca a valle. (D'Adda, Butti, Mocci, Previtali)
549.0	POROLA	12-set	0	DL	2345		Innevam. residuo scarsissimo. Perdita di apofisi in sx-idrogr. La fronte è affondata nel morenico e scende più in basso di quanto fin qui rilevato. (A. Meani)
550.0	SCAIS	12-set	-2,5 (88)	RM	2445		Neve assente; fronte irregolare, incerta, affondata nel morenico. (A. Meani, Ciapparelli, Mocci)
552.0	MOTTONONE	13-set		DM	n.v.		Appare spezzato in due tronconi. Grave involuzione. (A. Meani)
552.1	PIZZO GRO	11-set		DL	n.v.		Innev. residuo assente ma compatta copertura di firn. (A. Meani)
552.2	CERICH	11-set		DL	n.v.		Stazionario nella parte superiore, perde massa in basso. Coperto di firn. (A. Meani)
553.0	SALTO	11-set		S	2050		Pur privo di neve vecchia, appare del tutto stazionario rispetto al 1996. (A. Meani)
556.2	PODAVISTA	2-ott		DL	2090		Il ghiacciaio si estende a valle oltre i limiti fin qui noti. (D'Adda, Mocci)
557.0	AGA	2-ott		DL	2260		Più esteso del previsto. Spessori di ghiaccio rilevanti (10-12 m). (D'Adda, Mocci)
566.0	TROBIO EST O GLENO	11-set		DM	n.v.		Marcata riduzione; assenza di neve vecchia. (D'Adda, Mocci)
566.1	TROBIO CENTRALE	29-ago		DL	n.v.		Prossimo all'estinzione: la massa residua è sepolta nel morenico. (D'Adda)
567.0	TROBIO W O TRE CONFINI	11-set		DM	n.v.		Grave contrazione. Nel corso dell'estate perde circa 1 m di spessore. Innevamento residuo assente. (D'Adda, Mocci)
568.0	RECASTELLO	29-ago		DL	n.v.		Per la prima volta dopo molti anni appare privo di innnevamento residuo. (D'Adda)
OSSERVAZIONI FOTOGRAFICHE: 9700.0 Caronella Ovest, 8705.0 Bondone Est, 534.0 Cagamei IV, 535.0 Cagamei III, 536.0 Cagamei II, 537.0 Cagamei I, 542.1 Costa d'Arigna, 543.1 Pizzo Scotès, 544.0 Pioda Inferiore, 545.0 Pioda Superiore, 550.1 Pizzo Brunone, 551.0 Cantunasc, 555.0 Pizzo Omo Ovest.							



## 6 - PARTE SISTEMATICA

### SETTORE SPLUGA-LEI

#### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

E. Congiu, A. Galluccio

Le masse glaciali della Valle di San Giacomo e della Val di Lei vanno riducendosi con un ritmo attuale lievemente inferiore a quello osservabile negli altri gruppi montuosi regionali. Il fenomeno è in parte da attribuirsi alla notevole piovosità su base annua di questo angolo di Lombardia, che non fa mai mancare un consistente apporto nevoso nella stagione di accumulo e, probabilmente, anche alla nuvolosità estiva generata dalla posizione geografica: frequenti sono infatti qui i fenomeni di sbarramento che costringono l'aria calda della pianura a condensarsi. Alla fine del mese di agosto di quest'anno la neve vecchia è ancora presente in discreta quantità, soprattutto dove giacciono i depositi di valanga ma anche in corrispondenza degli accumuli da vento (glacionevato del Passo Suretta Ovest): la fusione estiva è stata quindi un poco mitigata da una maggior sopravvivenza della copertura nevosa, in modo che alcuni piccoli apparati (Val Loga NE, Tambò Inferiore) hanno mostrato condizioni lievemente migliori rispetto al triennio precedente.

Ma si tratta di eccezioni: il ritiro generalizzato è ancora il comune denominatore della fase dinamica attuale delle masse glaciali chiavennasche. In settembre l'ablazione riprende a pieno regime, come ben illustrato dai dati nivologici raccolti presso il nuovo sito di indagine del Ghiacciaio Suretta Sud. Il risultato finale è quello abituale dell'ultimo scorcio di XX secolo: l'innnevamento residuo è minimo, confinato ai settori che godono di buona protezione orografica. Altrove scompare del tutto, soprattutto sui versanti esposti a meridione. Non stupisce quindi la pesante involuzione che coinvolge i ghiacciai affacciati a Sud (Suretta Sud, Orsareigls), a Est o Sud-Est (Tambò) o che non raccolgono coni d'ombra (Ponciagna). In ultimo, il Ghiacciaio del Pizzo Ferrè, il più esteso, ha perso la sua lingua valliva, come era stato ampiamente previsto: era l'unica del settore.

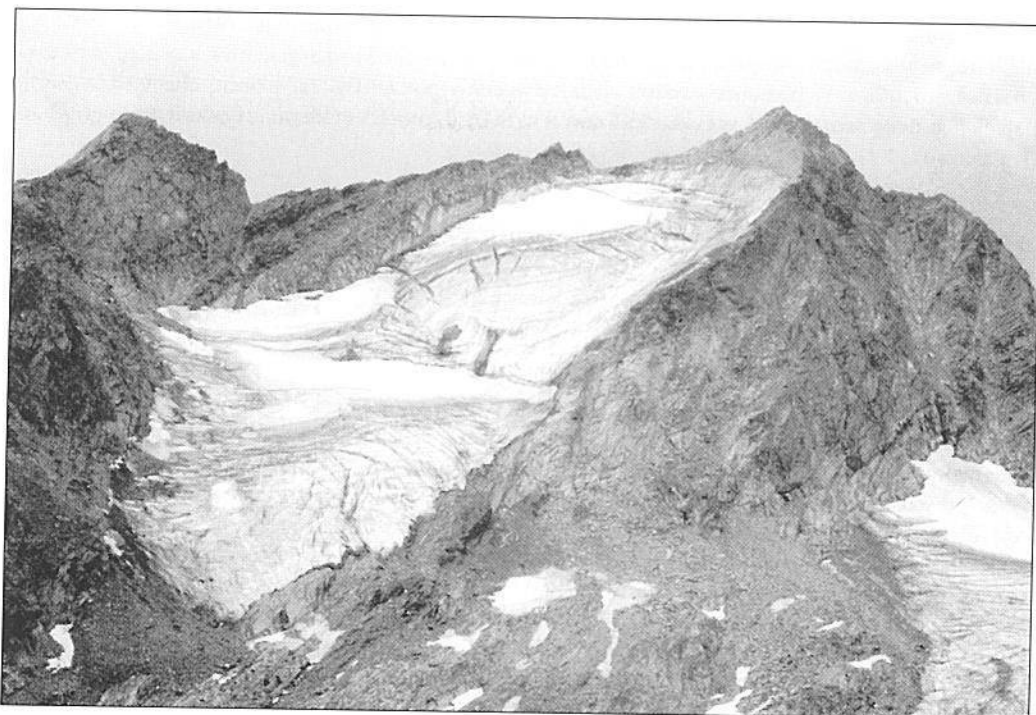
**365.0 PIZZO FERRE'** 1999.08.22 QMF: 2570 Decremento forte  
La morfologia del ghiacciaio ha subito, tra il 1998 e il 1999, profondi cambiamenti: si osserva infatti il completo distacco della lingua valliva dal corpo del ghiacciaio. L'evento, in corso al momento dell'osservazione odierna (frane di ghiaccio, soprattutto in sinistra idrografica, e di detrito), si completa attorno alla metà del mese di settembre. Lo scorso anno la propaggine terminale era ancora ben presente, pur di spessore ridotto (attorno ai 2 m in alcuni punti) e punteggiata da finestre rocciose. Ora, al posto della lingua, rimangono alcune placche di ghiaccio morto, in buona parte coperte da detrito fresco (poco a monte del segnale EC93 si rileva un vero e proprio corpo di frana) e quindi destinate a una lunga sopravvivenza. Il ritiro ha inoltre prodotto la messa a giorno di un gradino roccioso del substrato che viene percorso da piccole cascate. La misura dalla stazione SG 76.1 è divenuta inservibile, in quanto l'azimut non incontra più la fronte glaciale. Anche il segnale EC93 è ora di difficile utilizzo, a causa dei notevoli pericoli: alle continue cadute di blocchi rocciosi si somma quella di frammenti di ghiaccio provenienti dalla nuova fronte, non ancora stabilizzatasi. Il ritiro annuale può quindi essere solo stimato, anche se con una certa precisione. La neve vecchia, scarsissima, è confinata in una ristretta fascia posta al di sotto della caratteristica bozza rocciosa mediana. (E. Congiu). Variazione media annua: - 100 m (stima)

**1003.0 CIMA DI LAGO NORD** 1999.09.02 QMF - Osservazione fotografica  
Apparato in discrete condizioni: la finestra rocciosa e il detrito, comparsi nella parte mediana negli ultimi anni, tendono a ridursi. (P. Piccini, J. Palermo).



*Foto 1 e 2: il Ghiacciaio di Pizzo Ferrè ripreso il 27 agosto 1998 (sopra, G. Ghielmi, J. Palermo) e il 12 settembre 1999 (sotto, E. Pagni). Si nota l'avvenuta scomparsa della lingua terminale, collassata e ricoperta di detrito instabile. Non più alimentati da oltre un decennio, i ghiacciai tendono ad assumere nuove e più ridotte dimensioni.*





*Foto 3 e 4: un raro esempio di ghiacciaio lombardo probabilmente stagionario. Il confronto tra le due immagini (sopra, 27 agosto 1998, G. Ghielmi, J. Palermo; sotto, 17 agosto 1999, P. Piccini) evidenzia infatti la parziale chiusura della finestra rocciosa centrale (fenomeno dovuto probabilmente al ghiaccio di sovrainposizione); l'innevamento del 1999 appare più consistente, anche se non può essere considerato definitivo a causa della precocità del rilievo.*



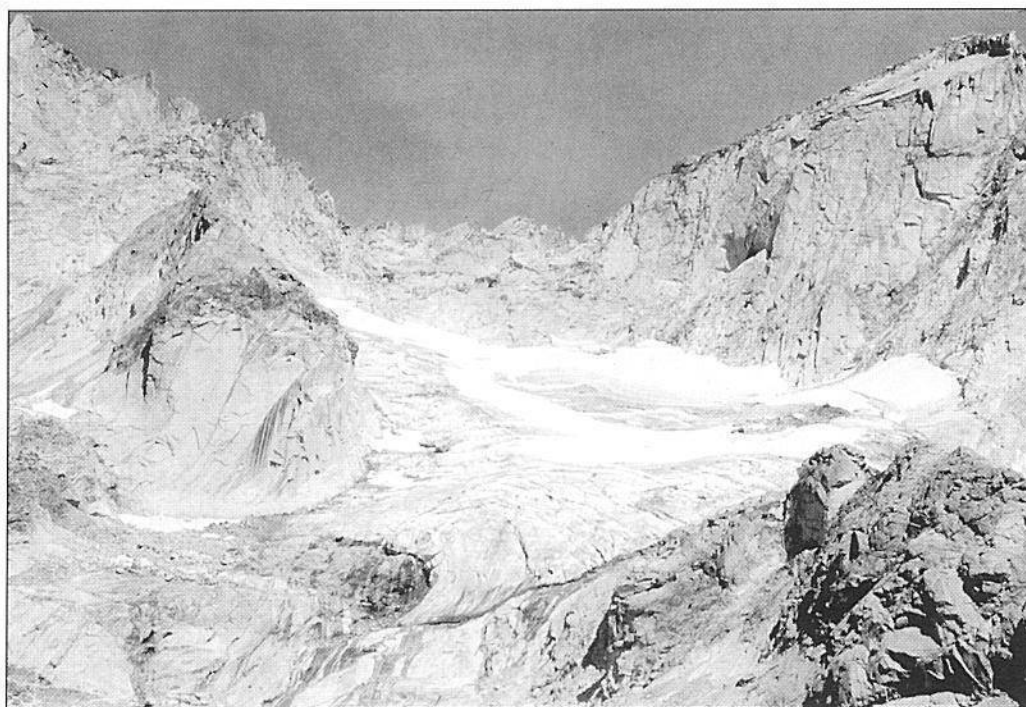
Questa unità glaciale, persistente almeno dal 1989 (Lojacono), si situa sulla cresta SE delle Guglie d'Altare, a una quota compresa tra i 2800 e i 2900 m. Possiede una giacitura insolita, convessa, quasi di spigolo, e si presenta coperta di neve vecchia per l'80%. La placca, che viene inserita nell'elenco delle *masse glaciali non catastabili* con il n. 8001.0, mostra evidenti affioramenti di ghiaccio. (J. Palermo).

#### SETTORE CODERA-MASINO

##### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

A. Galluccio, C. Lonardo

L'innevamento residuo che copre i ghiacciai del settore a metà settembre è di certo il più esteso della montagna lombarda grazie, probabilmente, a una efficace attività valanghiva nel corso della stagione di accumulo e alle notevoli precipitazioni verificatesi in febbraio. Di quest'ultimo episodio, prodottosi in due fasi (9 e 21-22 del mese), si ricorda che fu sostenuto da correnti settentrionali di notevolissima intensità: lo stau nord-alpino ha così finito per interessare anche il versante italiano della cresta spartiacque, con apporti nevosi di gran lunga più cospicui che nel restante territorio montuoso regionale. Non si è in possesso di dati certi, ma questa appare una ragionevole spiegazione del permanere di un buon residuo nevoso su montagne non certo molto elevate e su ghiacciai per lo più esposti a Sud. Una ulteriore conferma a questa tesi viene dal riscontro delle pessime condizioni dei ghiacciai la cui posizione è discosta dalla cresta (ghiacciai di Pioda). Nonostante ciò, il ritiro degli apparati del settore è generalizzato, in quanto si fanno sentire gli effetti delle due ultime annate (1997 e 1998) che hanno inferto un colpo durissimo alla riserva glaciale della Val Masino e della Val Codera. Eccezion fatta per alcune unità che hanno potuto mantenere la copertura nevosa sino alle precipitazioni della nuova fase di accumulo (Badiletto, Badile e Cengalo SE).





**390.0 PASSO DI BONDO**

1999.09.05

QMF: 2850

Decremento lieve

Apparato in evidente involuzione. Il settore sottostante la Cima della Bondasca, dove è maggiore l'attività valanghiva, è stabile e influenza positivamente il lato sinistro del ghiacciaio. Al contrario, l'intera porzione destro-idrografica della colata risulta sofferente e arretra vistosamente in corrispondenza dello sperone roccioso di quota 2950 m: il peduncolo frontale, assai rimpicciolito, tende ad appiattirsi, al punto che è facile prevederne il prossimo distacco. A confermare tali modificazioni è la scomparsa dei massi di notevoli dimensioni che galleggiavano sulla superficie glaciale dal 1996, evidentemente scivolati sino al terreno proglaciale. Si possono osservare le stratificazioni del *firm* delle annate precedenti, sottostante all'innnevamento residuo stagionale; questo è più esteso che nel 1998, ma comunque circoscritto al solo bacino di accumulo. Il limite delle nevi è collocabile a 3000 m circa. Il morenico è in aumento in estrema destra idrografica, dove il ritiro laterale della colata ha liberato molto terreno. La bocca glaciale è di dimensione stazionarie (2 m x 4,3 m). (Stefania Zocchetti, P. Bassi).

Variazione media annua: - 2,5 m

**399.0 RASICA EST**

1999.09.12

QMF: 2800

Decremento lieve

Proseguono incessanti i fenomeni di rimaneggiamento del ghiacciaio, anche se si ha la sensazione che una nuova situazione di equilibrio fisico non sia lontana. La fronte, collocata al di sopra del gradino roccioso alla quota di 2800 m, non è più seraccata ma ha assunto una forma lobata. L'arrotondamento del margine è evidentissimo e si accompagna alla dissoluzione dei conoidi in sinistra idrografica e all'allargamento della barra rocciosa trasversale sita tra i 2770 m e i 2800 m di quota.



Foto 5 (pagina a fianco, 22 agosto 1998, L. Nocenti) e 6 (4 settembre 1999, S. Zocchetti, P. Bassi): il Ghiacciaio del Passo di Bondo, pur in fase di ritiro, ha mostrato quest'anno un innnevamento consistente. In effetti, il settore Codera Masina, ha beneficiato dei notevoli apporti del mese di febbraio 1999 e ha così potuto mantenere una copertura nevosa residua che è la più estesa delle Alpi lombarde.

Lo stiramento del corpo glaciale è marcato in corrispondenza del primo cambio di pendenza (2900 m c.a) dove i crepacci sono più numerosi. La placca superiore, pensile in sinistra idrografica,

separatasi nel 1998, è stazionaria. Il settore sommitale del corpo principale, pur coperto da abbondante accumulo stagionale, denuncia una riduzione di spessore. L'innevamento residuo anche quest'anno occupa la fascia centrale del corpo glaciale, soprattutto in sinistra idrografica dove è visibile un notevole corpo di valanga originatosi dalle ripide pareti meridionali del Pizzo Torrone Occidentale. E' quindi l'orografia del circo glaciale a determinare la disposizione laterale degli accumuli, probabilmente una tra le principali cause dell'instabilità in cui si trova il ghiacciaio. Il sopralluogo ha permesso di perimetrare la placca di ghiaccio morto coperto di detrito che occupa il terreno proglacial: questa si estende su un'area più ampia di quanto si credesse, con notevoli spessori di ghiaccio sepolto in destra idrografica, e appare punteggiata da funghi e coni di ghiaccio. Un campo di neve vecchia si pone a contatto con il cordone morenico più recente. E' ipotizzabile che la conservazione di ampie aree di ghiaccio residuale morenizzato a valle delle fronti, e a queste non più collegate, come nel caso presente e in quelli dei ghiacciai del Pizzo Ferro Centrale e Cengalo SE sia da ricondurre alla morfologia sub-pianeggiante del terreno proglaciale e alla presenza di morene frontali ben conservate, capaci di porsi come siti di arresto per le valanghe e, forse, di definire ambiti microclimatici. (G. Grazi, C. Lonardo, G. Elli, P. Bassi, L. Nocenti).

Variazione media annua: 0 m

**407.0 PIODA SUD** 1999.09.12 QMF: 2780 Decremento forte  
L'involuzione dell'apparato prosegue coinvolgendolo nella sua globalità. Il distacco della placca posta presso il Passo Cecilia è ormai consolidato, mentre è del tutto cessato il collegamento laterale con il Ghiacciaio di Pioda Sud-Ovest. La copertura di neve vecchia è simile a quella rinvenuta nel 1998, e si limita al settore mediano. Si mostra invece turgido e ben alimentato il grosso conoide doppio sito alla sinistra di quest'ultimo. La fronte in forte regresso è sfrangiata, appiattita e punteggiata da numerosi clasti in emersione. La zona centrale è sempre meno convessa; i crepacci sono più numerosi e ampi sul lato sinistro idrografico. I limiti della colata vanno perdendo definizione a causa dell'incremento del deposito detritico. La bocca glaciale è di dimensioni ridotte rispetto al 1998, mentre la superficie del piccolo lago proglaciale appare stazionaria. (G. Elli).

Variazione media annua: - 20,5 m

### SETTORE DISGRAZIA-MALLERO

#### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

A. Galluccio, V. Mariani

Con la sola esclusione dei ghiacciai Cassandra Centrale, Cassandra Superiore, e Pizzo delle Tre Mogge e del glacionevato della Sassa d'Entova, interessati da un cospicuo innnevamento residuo, l'intera popolazione glaciale del settore ha conosciuto una annata decisamente avversa. Sono risultati decisivi sia la copertura nevosa dell'invernata, di poco inferiore alla norma degli Anni Novanta ma evidentemente poco resistente all'ablazione, sia l'andamento meteorologico della seconda parte dell'estate, particolarmente sfavorevole. A mitigare un giudizio sulla fase dinamica annuale che non può che essere negativo è il periodo di ablazione conclamata superficiale, più corto che in passato (all'incirca 40 giorni; nel 1994, per fare un paragone, furono 70). Tra i numerosi fenomeni osservati, tipici di una fase di ritiro glaciale generalizzato, va citato il caso del Ghiacciaio del Passo di Chiareggio: la grande frana caduta nel 1997 è stata capace di imprimere una spinta dinamica alla colata, producendo un biennio di variazione positiva della fronte, registrata dai segnali di misura: un "effetto Brenva" lombardo (vedi pag. 103).

**408.0 PREDAROSSA** 1999.09.11 QMF: 2615 Decremento forte  
Nonostante l'imponenza della copertura morenica, con l'attuale fase di ritiro il perimetro della fronte va delineandosi con sempre maggiore chiarezza. La sua propaggine terminale si presenta come una struttura allungata, ovaloide, di circa 10 m di spessore. Nei pressi di questa è stato posto un nuovo segnale di misura (q. 2610 m), disegnato su un roccione di serpentino chiaro sito a



fianco del torrente glaciale. Il ghiacciaio mostra rilevanti segni di contrazione, con una netta riduzione di spessore delle porzioni libere da detrito. Il morenico è ovunque in aumento, soprattutto sul lato sinistro addossato alla bastionata rocciosa. Va inoltre accentuandosi la tendenza alla separazione tra la porzione superiore e quella maggiore sottostante, come più volte descritto nelle annate precedenti. Il segnale posto sulla bastionata rocciosa quivi emersa fa registrare un regresso di 77 m in 3 anni (media: 25 m/anno), valore ragguardevole. Scarso, ma non irrilevante, l'innnevamento residuo. (M. Urso)

Variazione media annua: - 30.5 m

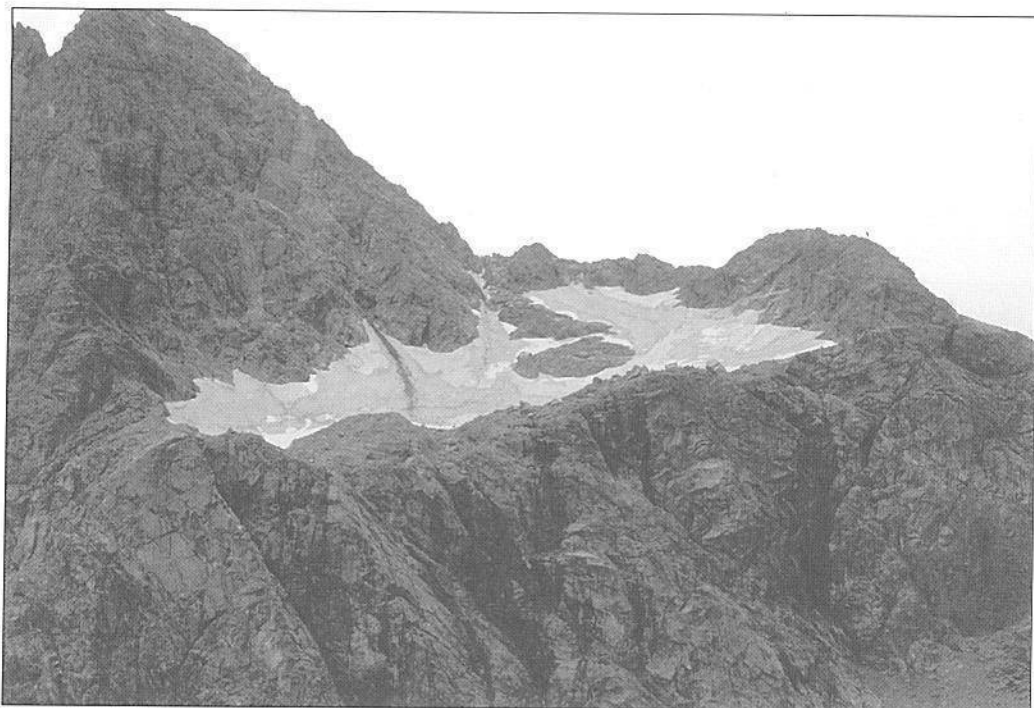


*Foto 7: la progressiva riduzione di spessore del Ghiacciaio di Predarossa svela come in effetti l'apparato sia costituito da due colate di diversa origine: quella superiore (al centro) nasce dalla Sella di Pioda, mentre la porzione inferiore si sviluppa alla base della cresta rocciosa in sinistra idrografica. Nella fasi di incremento i due contingenti si fondono lungo assi longitudinali sub-parallelali (M. Urso, 11 settembre 1999).*

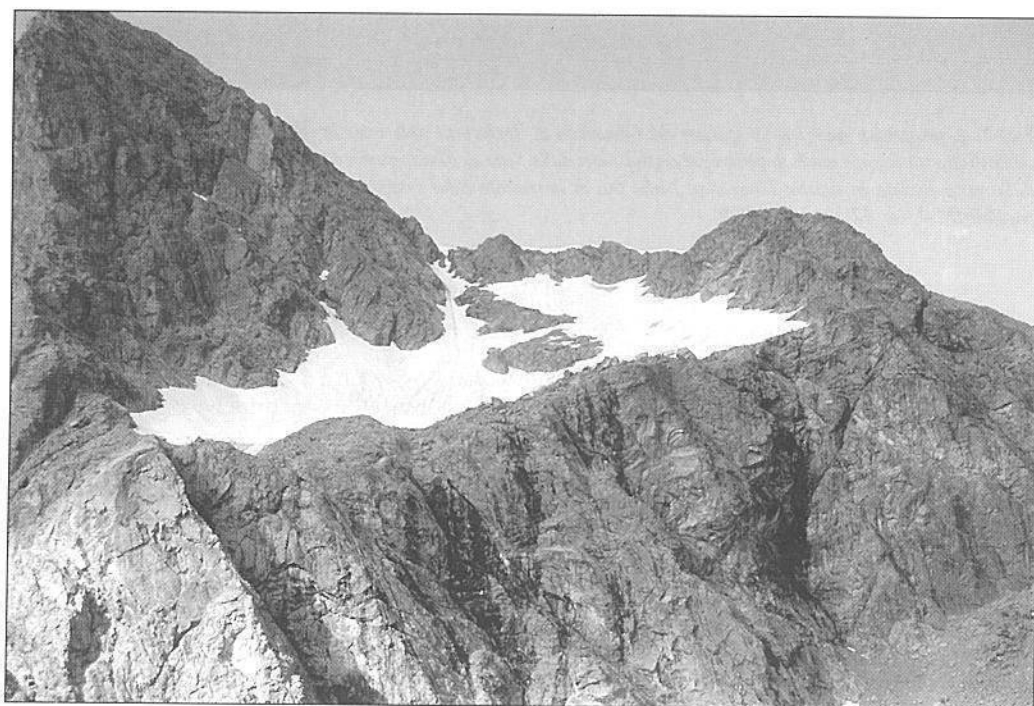
**411.1 CASSANDRA SUPERIORE** 1999.08.31 QMF: - Osservazione fotografica  
Lieve incremento di spessore rispetto al 1998, dovuto a consistente copertura nevosa. (V. Mariani).

**416.0 VENTINA** 1999.08.23 QMF: 2205 Decremento lieve  
L'aspetto più evidente dell'attuale fase dinamica del ghiacciaio è costituito dalla progressiva deglacizzazione delle pareti che ne circondano il bacino d'accumulo. Il rilievo è confermato dalla perdurante penuria di apporto nevoso residuo: anche quest'anno, infatti, la neve vecchia è assai scarsa, soprattutto nei siti di arresto delle valanghe, che appaiono meno alimentati che in passato. Sono per ora molto modeste le variazioni della fronte. Prosegue il monitoraggio della zona di confluenza tra la lingua valliva e la colata che fiancheggia la Punta Kennedy: si osserva il dissolvimento di alcune tra le sottili propaggini ghiacciate che ancora mantengono il collegamento tra i due settori. (V. Mariani, G. Stella).

Variazione media annua: - 7 m



*Foto 8 e 9: il glacionevato di Cassandra Superiore reagisce con notevole rapidità alle variazioni dell'entità dell'accumulo annuale: come si può notare osservando la diversa salienza del roccione centrale, nel 1999 (sotto, 31 agosto, V. Mariani) fa registrare un consistente incremento di massa rispetto all'anno precedente (sopra, 22 agosto 1998, V. Mariani).*



**421.0 PASSO DI CHIAREGGIO** 1999.09.12 QMF: 2525 Decremento moderato  
Al di sotto della potente copertura morenica vanno scomparendo le placche di ghiaccio morto che costituivano la porzione meridionale dell'apparato (destra idrografica): la superficie glaciale si è quindi notevolmente ridotta negli ultimi anni. La fronte mantiene invece le posizioni precedenti a causa dell'incremento del mantello detritico ascrivibile ai numerosi crolli che si originano dalle pareti rocciose circostanti e di cui rimane traccia sotto forma di piccoli corpi di frana. Essi vanno ad aggiungersi al vasto smottamento del 1997, evidentemente capace di imprimere una spinta dinamica all'intera colata. In tal modo può essere spigato il biennio di variazione positiva della fronte che contraddice l'assoluta evidenza della vera fase dinamica attuale del ghiacciaio, improntata a un deciso smagrimento. Anche quest'anno l'innnevamento residuo è assai scarso. (V. Mariani, A. Almasio).  
Variazione media annua: + 6,5 m

#### SETTORE BERNINA

##### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

A. Galluccio

Alle osservazioni di settembre, il massiccio presenta un residuo nevoso stagionale scarso, confinato al di sopra dei 3400 m di quota. Come per il limitrofo settore Disgrazia-Mallero, anche qui la situazione di partenza non era particolarmente negativa, essendo i ghiacciai ancora in gran parte coperti dall'accumulo dell'invernata sino alla fine del mese di luglio. Certo, anche in questo primo scorcio d'estate gli spessori in gioco non erano quelli tipici dell'equilibrio glaciale, come ben evidenziato dal nuovo sito nivologico del Ghiacciaio di Scerscen Superiore, ammantato, si fa per dire, da pochi cm di neve vecchia, a oltre 3000 m di quota (27 luglio). Rispetto alla devastante estate 1998, per fortuna, si è comunque avuto un risparmio di ablazione per effetto di un discreto ritardo nell'esposizione delle superfici. Di conseguenza, in alcuni casi, i valori di ritiro frontale sono stati più contenuti. La fase di deglaciazione non si è comunque arrestata: tutte le unità tendono a raggiungere nuove e più elevate posizioni, consone ai parametri climatici attuali. Notevoli le conseguenze: il glacionevato della Bocchetta di Caspoggio viene dichiarato estinto, quello di Cime Musella lo sarà probabilmente l'anno prossimo, il Ghiacciaio di Pizzo Varuna si è ulteriormente smembrato, con il distacco della apofisi meridionale, mentre il Ghiacciaio di Caspoggio va perdendo rapidamente la sua lingua. Non meno evidenti sono gli eventi che caratterizzano i ghiacciai di Fellaria: il Ghiacciaio occidentale non è lontano dall'abbandono della piana proglaciale, attraversata dal Sentiero Glaciologico L. Marson, mentre nel suo bacino superiore è sempre più netta la tendenza alla separazione del settore destro-idrografico, ancora collegato lateralmente alla colata principale ma ormai divenuto un vasto ambito di pura ablazione. Minori i fenomeni sul Ghiacciaio orientale, uno dei pochi apparati lombardi ancora in piena salute grazie all'elevata altitudine mediana.

**433.0 SCERSCEN SUPERIORE** 1999.09.07 QMF: 2530 Decremento moderato  
La lingua orientale del ghiacciaio è arretrata di 27 m per effetto del crollo di un notevole segmento, descritto pericolante già lo scorso anno. La misura di questo settore risulta sempre più difficoltosa a causa della tendenza della colata a rendersi pensile al di sopra del risalto roccioso liberato negli Anni Novanta dai ghiacci in ritiro. Per ridurre i disagi è stato collocato un caposaldo intermedio, posto a 120 m dal limite. La lingua occidentale, pur ancora molto potente e geometricamente stabile, tende a coricarsi: degne di nota sono le quattro ondulazioni sub-parallele che increspano la superficie sul lato sinistro della seraccata. Al confronto fotografico anche gli altri settori del ghiacciaio (i lobi frontali secondari e il chilometrico perimetro di testata), pur con differenze tra zona e zona, mostrano una evidente ma contenuta contrazione. Lo smagrimento dell'apparato favorisce in più punti l'emersione di porzioni del substrato, per ora di dimensioni modeste. L'innnevamento residuo è scarso, simile a quello rinvenuto nel 1998. Peraltro esso è invece molto

buono, con canali ben innevati, al di sopra dei 3600 m di quota. Nel corso del mese di luglio, sul lato orientale del plateau centrale è stato realizzato il sito di monitoraggio nivologico per il settore Bernina. (V. Pancrì, R. Peja, B. Rosa).

Variazione media annua: - 27 m (E); 0 m (W)



Foto 10: il rapido ritiro della fronte orientale del Ghiacciaio di Scerscen Superiore ha prodotto l'affioramento del ripido gradino roccioso visibile al centro della foto. Sino ai primi Anni Novanta, la colata ne raggiungeva ancora la base: i ghiacciai si ritirano e il passaggio dell'alta montagna cambia aspetto (7 settembre 1999, V. Pancrì).

#### 439.0 FELLARIA OVEST

1999.09.14

QMF: 2550

Decremento moderato

L'innevamento residuo è quasi del tutto assente sulla superficie del ghiacciaio posta a valle della colata di trasfluenza in origine dai pianori sommitali (Passo del Sasso Rosso). A lato del margine sinistro della seraccata pre-frontale si è evidenziata, anche per il restringimento della stessa, una notevole cascata, che percorre il noto affioramento roccioso, sempre più esteso: alla sua sinistra, il ghiaccio si collega solo con un sottile setto alla parte inferiore della lingua. Poco a monte di questo settore terminale, l'onda di piena descritta nel 1997 ha raggiunto il suo massimo sviluppo ma si è anche affievolita prima del cambio di pendenza, complici le condizioni climatiche estive locali dell'ultimo biennio, particolarmente sfavorevoli. Risulta quindi difficile che essa riesca a imprimere una spinta positiva al margine frontale. Il "calderone del ghiacciaio", fenomeno epiglaciale formatosi nel 1998, ha subito una marcata involuzione (vedi, in questo stesso volume, la nota di G. Catasta). (G. Catasta, L. Catasta, M. Butti).

Variazione media annua: - 78 m

#### 440.0 FELLARIA EST

1999.09.14

QMF: 2550

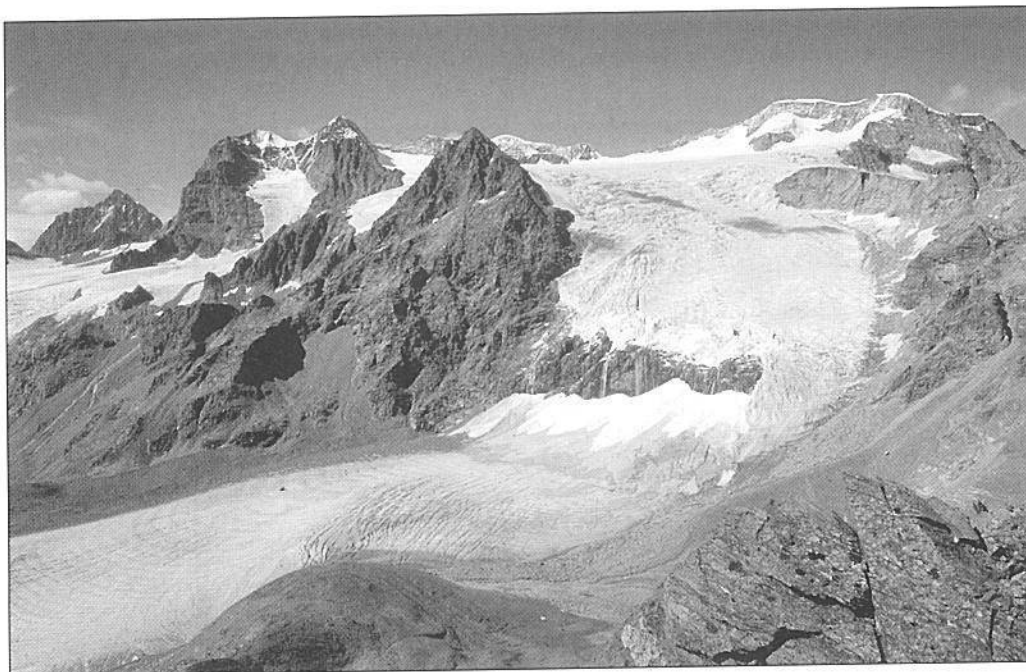
Decremento lieve

Anche se non appaiono evidenti modificazioni morfologiche significative, è possibile rilevare una lieve riduzione planimetrica della fascia di conoidi di rimpasto che è sita alla base della bastionata rocciosa mediana. Come noto, questa struttura nivo-glaciale costituisce la principale fonte di alimentazione della grande lingua valliva del ghiacciaio: il dato assume quindi una notevole rilevanza dinamica. Rimanendo invariata la breve colata di trasfluenza dai campi superiori alla



lingua stessa, si osserva un netto diradamento della crepacciatura nel settore posto subito a monte di questa (sinistra idrografica), segno di un possibile affievolimento del flusso glaciale. Anche quest'anno, al di sotto dei 3450 m di quota non si rinviene alcuna traccia di innevamento residuo, fatta eccezione per cinque o sei placche di neve avvalangata che costellano il bordo sinistro della colata, tra i 3100 e i 3350 m di quota. L'enorme plateau superiore appare invece coperto da un accumulo assai esteso, anche se di spessore probabilmente limitato, mentre le alte vette di testata mostrano cornici di aspetto quasi primaverile. Questa parte del ghiacciaio, assieme a porzioni dei ghiacciai Palon de la Mare, Cedec e Forni (Ortles-Cevedale), è uno dei pochi luoghi alpini lombardi a mantenere una situazione climato-nivologica favorevole al glacialismo. (G. Catasta, L. Catasta, M. Butti).

Variazione media annua: - 6,5 m



*Foto 11: dall'alto batino di accumulo, comme alla elvetica Vadrec da Palù, la colata del Ghiacciaio di Fellaria Est raggiunge il gradino roccioso di quota 2850-2900 m. I crolli glaciali che vi si generano, i cui resti sono visibili in fotografia per il loro candore, contribuiscono in modo determinante a mantenere in vita la lunga lingua terminale (M. Butti, 31 agosto 1999).*

## SETTORE SCALINO-PAINALE

### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

A. Galluccio

In questo appartato settore montuoso l'anno idrologico 1998-1999 può essere considerato, sotto il profilo delle dinamiche glaciali, il peggiore dell'ultimo ventennio. Mai, infatti, fu osservato un residuo nevoso così scarso, addirittura del tutto assente sul versante orientale della cresta rocciosa. Anche il Ghiacciaio del Pizzo Scalino, di gran lunga il più importante, mostra una copertura nevosa stagionale irrisoria: il dato di un contenuto periodo di esposizione della superficie glaciale, dovuto al favorevole andamento meteorologico di luglio, analogamente a quanto descritto nei gruppi del Bernina e del Disgrazia, non ridimensiona affatto l'importanza di tale deficit di bilancio. L'apparato, sino a ora, ha mostrato una sorprendente resistenza al trend climatico



negativo, probabilmente a causa della sua posizione orografica; ora nuovi scenari sono all'orizzonte, con un possibile grande ritiro nei prossimi anni. Le unità di piccole dimensioni, sia in Val Antognasco sia in Val Fontana, quando non già forse estinte (Gombaro Inferiore, Val Molina) sono ridotte a masse residuali coperte di detriti. Il solo glacionevato di Pizzo Painale NE e il ghiacciaio omonimo SE mantengono una qualche consistenza. La deglaciazione di questo settore è uno degli aspetti più importanti della variazione in atto del glacialismo lombardo.

**454.0 PASSO DI VALMOLINA**      1999.09.08      QMF: n.v.      Incerto  
Pur ridotto a dimensioni minimali, questo apparato denota una consistenza residuale ancora discreta. Il ghiaccio affiorante è visibile solo nel settore superiore ma sembra ancora ben collegato con la restante massa coperta di detrito. Parte di questo materiale morenico è occupata da una placca di nevato pluriennale. L'innnevamento d'annata è invece irrisorio. (M. Butti).



*Foto 12: i glacionevati del Passo di Val Molina (al centro) e, di scorcio, di Pizzo Painale NE. Il glacialismo del settore Scandino-Painale è in fase di fortissima riduzione: i ghiacciai di piccole dimensioni appaiono oggi come placche residuali affondate nel morenico (M. Butti, 8 settembre 1999).*

ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

A. Galluccio, F. Galluccio

La discreta copertura di neve vecchia presente sino a tutto luglio sui ghiacciai del settore si è rapidamente ridotta nella seconda parte dell'estate, sino a scomparire quasi del tutto nella terza decade di settembre. In agosto il rilievo locale è stato interessato da forti e frequenti piogge che solo nei giorni 12 e 28 si sono trasformate in neve oltre i 3300 m di quota: l'effetto dilavante di tali precipitazioni è stato imponente. I ritiri frontali misurati sono contenuti, date le premesse, ad eccezione di quelli della fronte del Ghiacciaio di Dosdè Est, che va completando un ridimensionamento di proporzioni eccezionali. Ovunque sono evidenti i segni della fase di deglaciazione in atto, con assottigliamento delle colate, e conseguente affioramento di inserti rocciosi, incremento del morenico anche nei bacini di accumulo e dissolvimento degli accumuli pluriennali di origine valanghiva. Solo il Ghiacciaio di Sasso Torto mostra una dinamica attuale improntata all'equilibrio.

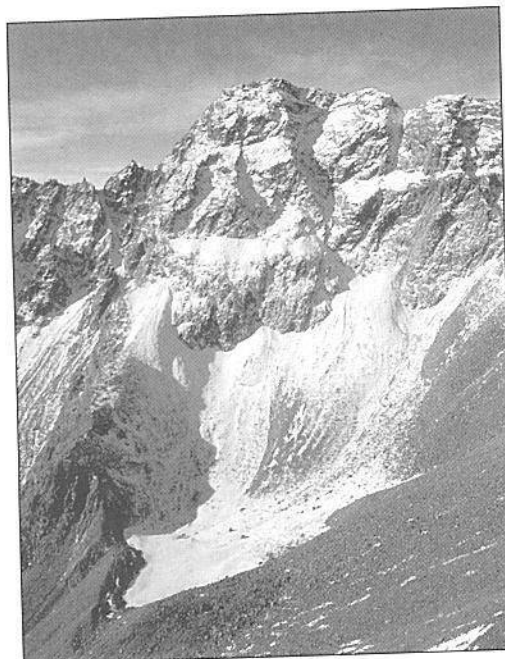


Foto 13 e 14: il glacionevato di Sasso Torto è un piccolo apparato "di valanga": la sua consistenza varia di anno in anno, a seconda della entità dell'accumulo stagionale da crollo nevoso (a sin., 22 settembre 1998; a destra, 15 ottobre 1999, L. Bonetti).

463.0 SASSO TORTO

1999.10.15

QMF: 2967

Stazionario

Tra le piccole masse glaciali del versante sud della Cima Piazzi, il Ghiacciaio di Sasso Torto è probabilmente l'unico che riuscirà a conservarsi nell'immediato futuro, in quanto in grado di garantirsi un bilancio annuale positivo grazie all'attività valanghiva, efficace anche nelle annate più sfavorevoli grazie alla conformazione del bacino che lo ospita. Va detto che gli accumuli privilegiano la porzione inferiore della conca, dove la morena storica costituisce un formidabile argine di arresto. La porzione principale dell'apparato è affondata nei detriti e probabilmente costituita da campi di ghiaccio disgiunti. La misura positiva è riferita, come di consueto, al limite della placca di neve trasformata che costituisce il margine frontale, quest'anno assai sviluppata. (L. Bonetti).

Variazione media annua: + 5 m

**473.0 DOSDE' EST** 1999.09.12 QMF: 2580 Decremento moderato  
Prosegue ininterrotta la fase di ritiro del ghiacciaio. Come ipotizzato lo scorso anno, la porzione di ghiaccio compresa tra le rocce montonate di sponda destra e il grande crepaccio-bedièrè a questa parallelo e di poco più interno tende a separarsi dal resto della colata, sprofondando progressivamente. La copertura morenica in sinistra idrografica è in continuo aumento, tanto che si può prevedere la prossima formazione di una vera morena mediana. In prossimità della fronte si osservano due conoidi detritici di genesi recente. Sui pianori del bacino di accumulo è presente neve residua disposta in placche anastomizzate. A causa della notevole distanza che separa i segnali dalla fronte, diviene necessario, dopo 15 anni, un loro riposizionamento a monte del dosso morenico di quota 2570 m, liberato dal ghiacciaio dopo il 1994. (F. Galluccio, G. Mainardi, D. Salvatore).  
Variazione media annua: - 11,5 m

**475.0 DOSDE' OVEST** 1999.08.26 QMF: 2720 Decremento lieve  
A causa della riduzione di spessore del ghiaccio continua a ingrandirsi l'isola rocciosa che emerge al centro della porzione superiore del ghiacciaio; è possibile che a breve si colleghi alla cresta rocciosa sommitale. Questa evenienza porterebbe alla frammentazione in due subunità della parte alta del corpo glaciale. Si conferma che l'apparato è comunque già smembrato in due porzioni distinte (superiore e inferiore) che, pur ancora fisicamente collegate, non intrattengono più rapporti dinamici. La seraccata e la colata impegnata nel canale centrale sono pressoché invariate rispetto allo scorso anno. La neve vecchia, assai scarsa, si limita a residui di valanga e a una stretta fascia posta nei pressi della Cima di Val Viola. (F. Galluccio, G. Mainardi).

### *SOTTOSETTORE LIVIGNO*

#### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

A. Galluccio

Per intervenute difficoltà logistiche è stato indagato un limitato campione dei ghiacciai del settore. La riduzione della copertura glaciale delle convalle livignasche appare comunque molto evidente anche da queste poche osservazioni: la mancanza decennale di residuo nevoso, che ha interessato gran parte delle unità, ha prodotto l'estinzione dei piccoli apparati del Pizzo Filone, del Monte Vago, della Punta Orsera, mentre i ghiacciai di Val Nera vanno rapidamente ridimensionandosi: quello Centrale è ormai del tutto coperto di detriti. Il Ghiacciaio di Campo Nord, il maggiore del bacino dello Spöl, mantiene invece l'abituale superficie e, pur in fase di lieve decremento, sembra meglio sopportare gli effetti dell'attuale congiuntura climatica.

**997.0 CAMPO NORD** 1999.08.29 QMF: 2810 Decremento lieve  
Il corpo glaciale, ancora assai compatto e di buon spessore, non mostra rilevanti modificazioni rispetto allo scorso anno, ove si eccettui un lieve ritiro del poco marcato lobo orientale. La quota minima frontale viene quindi ora raggiunta sul lato opposto, dove la propaggine sinistro-idrografica mantiene le posizioni abituali, pur risultando sempre più affondata nel morenico. Appaiono in progressivo sviluppo le due morene mediane, poste in posizione laterale. L'innnevamento residuo, che copre il 20% della superficie glaciale, occupa senza soluzioni di continuità l'intera spianata superiore del ghiacciaio, mostrandosi sovrapponibile a quello dello scorso anno. Stante l'esposizione settentrionale dell'apparato, è possibile che la situazione descritta non abbia subito variazioni nel corso del mese di settembre. (L. Arzuffi).

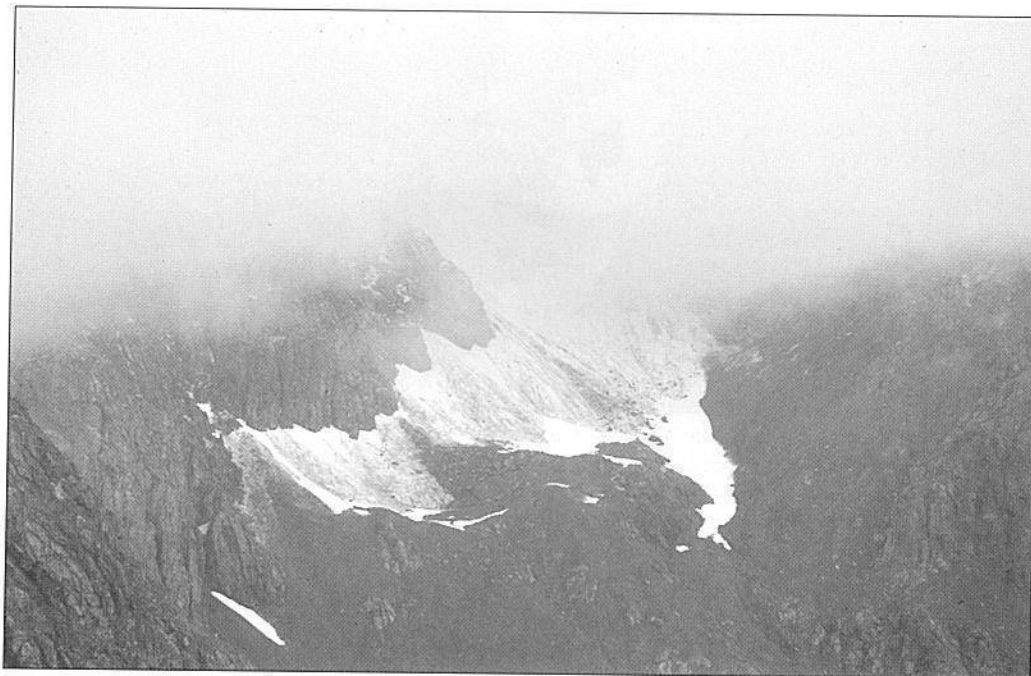
**1000.0 SALIENTE** 1999.09.24 QMF: 2750 Incerto  
Al rilievo odierno, eseguito con difficoltà a causa delle pessime condizioni atmosferiche, il ghiacciaio appare come un compatto corpo glaciale, coperto di detrito di dimensioni medio-piccole. Esso si collega lateralmente con un'altra placca sita un poco più a Est, anch'essa di notevole consistenza, dove viene raggiunta la quota minima (2750 m).



*Foto 15 (sopra, estate 1994, G. Mainardi) e 16 (sotto, 26 agosto 1999, F. Galluccio): il Ghiacciaio di Dos de Ovest è formato da due porzioni sovrapposte che si collegano mediante il canale ghiacciato centrale. L'attuale, forte ritiro sta per produrre il distacco anche di una terza porzione sommitale (in alto al centro).*



L'anastomosi tra i due settori è discretamente sviluppata, in modo che le due formazioni possono essere considerate un tutt'uno. Un leggero strato di neve recente, fermatasi solo sul ghiaccio, consente una perfetta lettura dei limiti perimetrali inferiori, mentre il settore sommitale non risulta visibile a causa della copertura nuvolosa. Non si evidenziano crepacci. Il confronto con le ultime immagini disponibili (Casartelli, 1991), parziale per il diverso punto di ripresa fotografica, sembra suggerire una ottima conservazione dell'apparato, probabilmente favorita da alcune annate localmente favorevoli all'accumulo valanghivo, di certo la modalità di alimentazione prevalente. Un residuo di origine indiretta occupa buona parte della vallecola in cui si impegna la fronte del settore principale (Ovest). Posizionata la nuova SF n. 443. (F. Galluccio, G. Mainardi, Alfredo Galluccio).



*Foto 17: il Ghiacciaio del Saliente si annida sul fondo della appartata Val Viera. A distanza di quasi un decennio dalla ultima osservazione precedente, si presenta assai ben conservato grazie a una costante alimentazione valanghiva (24 settembre 1999, G. Mainardi, F. Galluccio).*

## SETTORE ORTLES-CEVEDALE

### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

Nonostante un residuo nevoso stagionale superiore a quello del 1998, i ghiacciai del settore sono tutti in ritiro frontale o in decremento di massa. I dati raccolti presso il sito nivologico del Monte Sobretta attestano di una riduzione del 60% circa dell'entità dello scioglimento estivo del ghiaccio alla media quota (oltre i 3200 m), mentre è sicuro che più in basso i valori di ablazione siano assai più marcati. Maggior durata della copertura nevosa all'inizio dell'estate, in luglio (è questa la causa di quanto osservato al Sobretta), e grande frequenza di episodi piovosi, anche eccezionali, in agosto, sono i due fattori che, pur di valenza opposta, contribuiscono a determinare il quadro dinamico della stagione calda 1999 in Alta Valtellina. A questi si aggiunge la fase calda della seconda decade di settembre, che ha inferto il colpo finale alla poca neve vecchia rimasta. E' però da sottolineare come limitatissimi settori sommitali (bacino orientale del Ghiacciaio dei Forni,

A. Galluccio



parte superiore dei ghiacciai di Dosegù, del Palon de la Mare, del Gran Zebrù e di Cedec), privilegiati dalle brevi ma numerose nevicate che solo qui si sono prodotte, abbiano potuto conservare un aspetto quasi invernale, come da molti anni non era dato di osservare. Tale riscontro contribuisce a rendere l'annata un poco meno negativa delle precedenti ma comunque globalmente pessima, soprattutto per le masse glaciali di bassa quota, sulle quali si è avuta una imponente erosione del manto nevoso dell'invernata e della superficie del ghiaccio. Il progressivo innalzamento della *snow-line*, che può essere ora mediamente situata attorno ai 3300-3400 m di quota, ma in alcune zone anche più in alto, produce quindi il ridimensionamento accelerato degli apparati siti alle altitudini meno elevate, mentre minori sono gli effetti per quelli che raggiungono l'alta quota, dove un incremento delle precipitazioni può produrre un rimpinguamento dei bacini e contrastare parzialmente il trend sfavorevole delle colate. Affioramenti del substrato roccioso, forme epiglaciali inusuali, mobilitazione del morenico superficiale a causa delle piogge dilavanti, incremento del detrito nei settori meno acclivi, smembramenti, costituiscono la fenomenologia della attuale fase di rapido regresso del glacialismo di questa parte di Alpi Centrali.



*Foto 18: il grande Ghiacciaio dei Vitelli ammantava il versante settentrionale del Monte Cristallo. Il progressivo accrescimento del "nunatak" centrale e i processi di rimaneggiamento del settore terminale della lingua attestano del rapido declino di questa imponente colata lombarda (F. Righetti, 21 agosto 1999).*

#### 482.0 VITELLI

1999.08.21

QMF: 2556

Decremento lieve

Il processo di smagrimento e disgregazione della porzione frontale del ghiacciaio, in corso da alcuni anni, ha portato alla totale e definitiva separazione della grossa porzione di ghiaccio posta nel settore sinistro: anche la volta ghiacciata qui descritta l'anno passato è crollata. In seguito a tali fenomeni la morfologia della fronte glaciale appare completamente ridisegnata. La lingua valliva appare ulteriormente smagrita, come testimoniato dal progressivo ingrandirsi delle finestre rocciose centrali. La seraccata mediana si presenta invece invariata: anzi, in una limitata porzione è visibile un nuovo muro verticale di ghiaccio. L'innnevamento residuo è confinato nei pianori superiori del ghiacciaio. (F. Righetti, G. Righetti, A. Galluccio). Variazione media annua: - 10 m

**490.0 ZEBRU'**

1999.09.12

QMF: 2750

Decremento lieve

L'osservazione si limita alla porzione orientale della fronte e ai bacini di accumulo. Per quanto attiene alla prima, è possibile stimare un ritiro annuale di 10 m circa; il lobo di coordinate 1617860 5137850 mostra invece un progresso di 15-20 m, interpretabile come un fenomeno di assestamento in risposta al crollo parcellare verificatosi in questo settore nel 1998. L'aspetto dinamico più importante è comunque costituito dalla netta riduzione di spessore del settore inferiore delle due colate che costituiscono l'apparato. Notevole anche il rimaneggiamento superficiale (sul ramo orientale sono visibili numerosi seracchi smussati dall'ablazione). E' invece stabile la copertura morenica che interessa il settore destro-idrografico della colata occidentale e la zona di congiunzione tra i due rami. Altrove la superficie glaciale è del tutto libera da detrito, segno del mantenersi di spessori di ghiaccio assai cospicui. Lo studio di dettaglio della migrazione verso valle dei due colossali blocchi rocciosi galleggianti, descritti negli anni passati, permette di ipotizzare in 20-30 m annui la velocità di scorrimento della colata. E' possibile che tale ritmo si incrementi, ma solo di poco, nei pressi del settore frontale, più ripido. La neve vecchia è più abbondante rispetto al 1998, soprattutto sul ramo orientale: grandi nevai, inoltre, occupano il settore superiore delle pareti sud del Monte Zembrù e della Punta Thurwieser. (A. Galluccio, B. Bonantoni, A. Pellegrini).

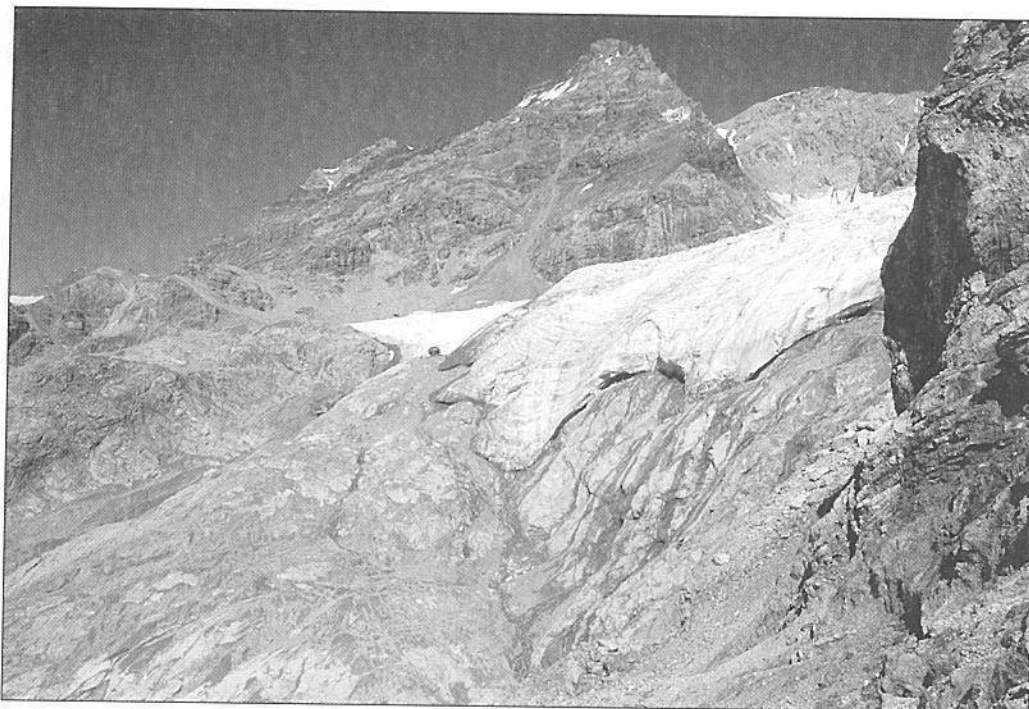


Foto 19: la ripida fronte orientale del Ghiacciaio di Zembrù, nei pressi del Rif. V Alpini (12 settembre 1999, A. Galluccio).

**494.0 CASTELLI OVEST**

1999.08.25

QMF: 2710

Decremento moderato

Malgrado la misura frontale non presenti variazioni rispetto al 1998, l'apparato evidenzia una generalizzata e sensibile riduzione di spessore: le finestre rocciose pre-frontali e mediane si sono ulteriormente ampliate. Nel contempo è aumentata la copertura morenica, soprattutto nelle porzioni più occidentali, mentre la colata orientale si presenta invece morfologicamente invariata. La neve residua occupa parte del corpo principale del ghiacciaio e il circo sommitale in destra idrografica. Va detto che l'attuale giacitura della fronte, che è affondata nel morenico e in sostanza



*Foto 20 e 21: il Ghiacciaio dei Castelli Ovest, da 15 anni in fase di profonda involuzione. Si notino sia il vistoso ritiro della fronte in soli 2 anni sia la progressiva espansione del lago proglaciale intramorenico, generatosi nel 1991 (sopra, 21 agosto 1997; sotto, 25 agosto 1999, A. Galluccio).*



ferma, rende poco significativi i controlli dall'attuale segnale. Anche la posa di nuovi capisaldi appare problematica, almeno sino a quando il margine glaciale, ritirandosi, non avrà abbandonato il fondo del vallone, risalendo le rocce retrostanti, evento che appare non lontano. La superficie del lago proglaciale è aumentata (100 x 135 m). (P. Farioli, A. Galluccio). Variaz. media annua: 0 m

**502.0 GRAN ZEBRU'** 1999.08.29 QMF: 2970 Decremento lieve  
Il limite del nevato, quest'anno ben evidente, si situa intorno ai 3100-3200 m di quota. Immutato l'aspetto della fronte orientale e centrale. In quella occidentale permane la vasta porzione sinistra coperta da abbondantissimo e potente morenico calcareo, il cui margine è ancora quasi a contatto con la morena degli Anni Ottanta. (G. Catasta, P. Gotti e G. Cola).  
Variazione media annua: - 4,5 m (colata ovest); - 5 m (colata centrale)

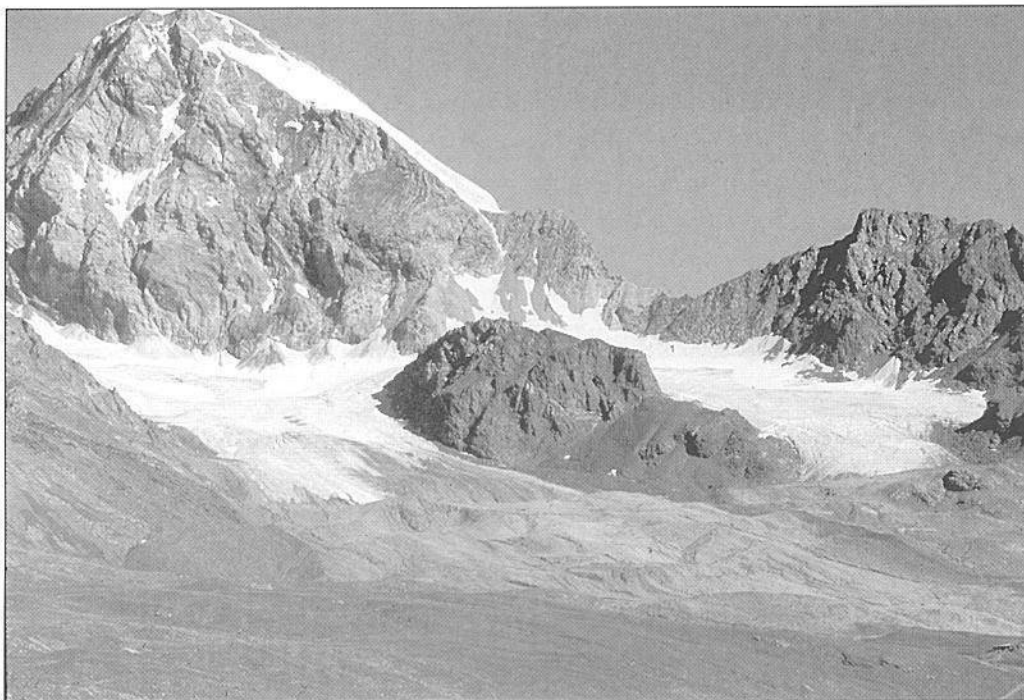


Foto 22: a guisa di chele di granchio, le due colate gemelle del Ghiacciaio del Gran Zebriu' circondano un'enorme "nunatak" di rocce rossastre. Nonostante l'esposizione meridionale, l'accumulo residuo annuale è discreto (12 settembre 1999, G. Cola).

**503.0 CEDEC** 1999.08.29 QMF: 2660 Decremento forte  
La fronte settentrionale ha subito un notevole ritiro del margine nella zona centrale, sempre molto sottile e staccato dal fondo; la parte destra, coperta da morenico, permane in posizione più avanzata. Del tutto scomparse le "guglie" che sino a un recente passato orlavano l'apice del salto roccioso inferiore. Sempre in ritiro la fronte meridionale, ma senza variazioni morfologiche significative. Il nevato, abbondante, che si è ricostituito negli ultimi anni nelle parti alte del bacino, giunge sino ai 3050-3100 m di quota. (G. Catasta, L. Catasta).  
Variazione media annua: - 17 m (colata sud); - 41 m (colata nord)

**506.0 ROSOLE** 1999.08.28 QMF: 2935 Decremento forte  
La porzione di fronte indagata dal segnale 1 MN si è staccata dal corpo glaciale per effetto dell'emersione del vasto dosso detritico retrostante. Essa rimane collegata lateralmente a un lungo



cordone di ghiaccio morto, coperto di massi, ultimo residuo della fase di avanzata degli Anni Settanta e Ottanta. Tale situazione rende conto del fortissimo ritiro annuale misurato. In toto, il corpo glaciale è in una fase di rilevante riduzione di spessore, conseguenza diretta della prolungata penuria di apporti nevosi residui; anche al rilievo odierno, la neve vecchia appare assai scarsa, confinata nei pressi delle pareti rocciose di contorno. Tutt'altro aspetto mostra invece la Parete S del Monte Cevedale, potentemente innevata sino alla base: in effetti, la montagna è stata interessata da frequenti nevicate nel corso della stagione estiva. (A. Galluccio, A.C. Galluccio).

Variazione media annua: - 135 m

#### 507.1 FORNI

1999.09.18

QMF: 2478

Decremento forte

Nel corso degli ultimi anni, l'innalzamento progressivo del limite delle nevi permanenti e l'aumento delle precipitazioni hanno assunto una portata tale da innescare un'evidente dicotomia nel comportamento di questo vasto ghiacciaio, il secondo per estensione delle Alpi Italiane. Tale fenomeni meteorologici determinano infatti eventi dinamici non uniformi nei tre distinti bacini di accumulo, in quanto sono ben diversificati sia la conformazione sia l'altimetria degli stessi: alla vistosa involuzione di quello occidentale (dove vanno affiorando sempre più vaste porzioni del substrato roccioso, soprattutto sui ripidi pendii settentrionali della Cresta Monte S. Matteo – Pizzo Tresero) fa da contraltare la propagazione di un'onda di piena che dal bacino orientale sta per traboccare verso la lingua valliva. Il confronto tra le diverse immagini fotografiche della colata orientale mostra infatti una sensibile variazione rispetto al 1997: la seraccata presenta un più evidente corrugamento, accompagnato dalla neoformazione di imponenti falesie di ghiaccio e dal fiorire in più punti di guglie e pinnacoli, segni inequivocabili della maggior potenza raggiunta dalla fiumana di ghiaccio. Nel mese di agosto, poche decine di metri a monte della fronte, nel settore sinistro-idrografico della lingua si è generata una cavità di grosse dimensioni, disposta nei pressi della morena mediana occidentale. Per successivi crolli di blocchi di ghiaccio lungo il perimetro interno, essa ha rapidamente assunto una forma ellittica, che il giorno 18 settembre 1999 misurava 19 m di larghezza, 49 m di lunghezza e 20 m di altezza. Il 30 settembre la sezione della cavità era quasi raddoppiata, presentando in prossimità del perimetro interno un elevato numero di fratture beanti, che isolavano una miriade di grossi blocchi di ghiaccio in procinto di crollare. Vista la dinamica di questo tipo di fenomeno, in tempi molto rapidi si potrebbe giungere all'isolamento del lobo terminale dal resto del ghiacciaio. La genesi di questa notevole forma epiglaciale ("calderone del ghiacciaio", vedi foto di pag. 77) è collegabile al torrente glaciale che scorre in profondità: il crollo della volta del tunnel sub-glaciale è stato favorito dalla presenza delle foliazioni di due sistemi di crepacci disposte in strati sub-orizzontali. Il più sviluppato in lunghezza, di direzione NW-SE e immersione NE, è intersecato in quest'area da un secondo, di direzione ENE-WSW e immersione SSE. Le insistenti precipitazioni, a volte sotto forma di violenti episodi temporaleschi, che si sono susseguite nel corso dell'intera stagione di ablazione, hanno determinato la formazione di profonde bediérés, che in alcuni punti hanno raggiunto altezze di qualche metro. Nel settore distale della lingua comune, attualmente scarsamente alimentato, lo spessore del ghiaccio si è notevolmente assottigliato (fino a pochi metri): la fusione viene qui potenziata da numerosi affioramenti rocciosi. (G. Cola, G. Casartelli, A. Galluccio, A.C. Galluccio, G. Catasta).

Variazione media annua: - 26,5 m

#### 512.1 DOSEGU'

1999.09.11

QMF: 2803

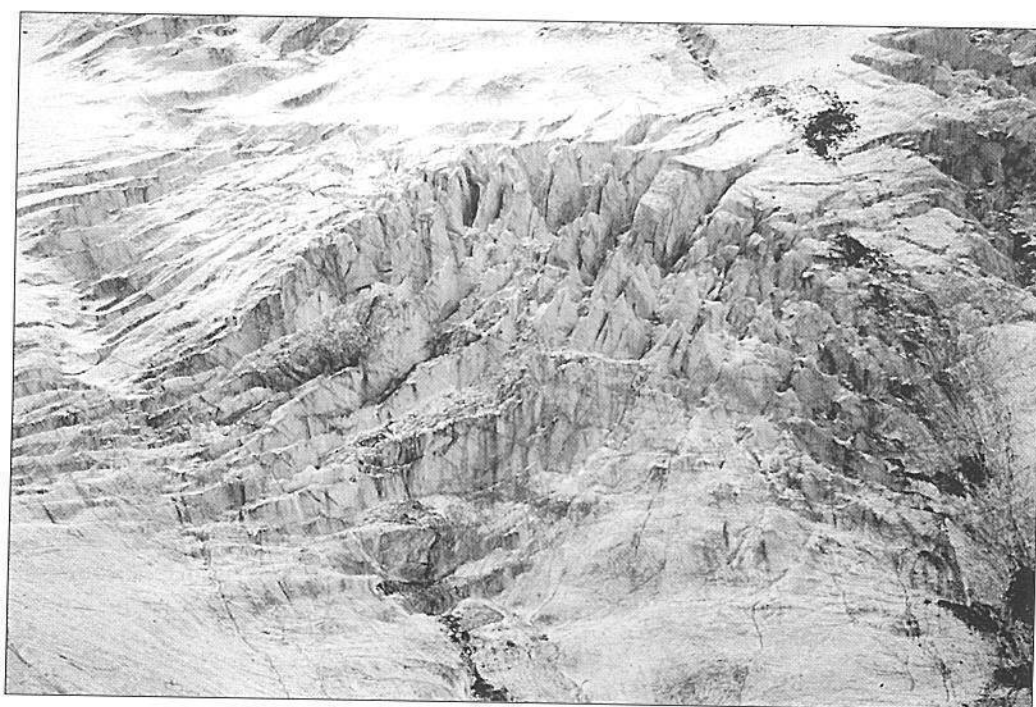
Decremento forte

Il settore inferiore del ghiacciaio, formato dalla lingua valliva e dalle seraccate di collegamento tra questa e il bacino di accumulo, attraversa una fase involutiva molto marcata. La fronte è infatti in vistoso ritiro, con larghe porzioni sollevate rispetto al substrato roccioso e soggette al continuo distacco di frammenti, anche di notevoli dimensioni. Nel contempo la seraccata più settentrionale, pur interessata da alcuni crolli in sinistra idrografica, appare appiattita, così come il lobo centrale, ora assai sottile e prossimo a rendersi pensile. Il ramo meridionale, quello di gran lunga più cospicuo, è anch'esso meno potente che in passato, fatto attestato dal rapido ingrandirsi della finestra rocciosa di quota 3050-3100 m. La lingua valliva appare così in netto decremento.





*Foto 23 e 24: il bacino orientale del Ghiacciaio dei Forni ha ricevuto buoni accumuli nevosi nelle annate comprese tra il 1992 e il 1997: la sua colata valliva è ora percorsa dall'onda di piena risultante (si noti il nodo di seracchi "a campanile" posti alla base della seraccata: sopra, in centro-destra e in basso, 9 agosto 1999, A. Galluccio; sotto, 30 settembre 1999, G. Cola).*



La quota minima viene raggiunta in estrema sinistra idrografica dove, alla base della Parete NW della Cima di Vallombrina, si adagia una lunga apofisi coperta di detrito. Il torrente ablatore principale, che ne fuoriesce per una nuova bocca glaciale di dimensioni 25 x 4 m, percorre per poche centinaia di metri il pianoro detritico antistante, liberato dal ghiaccio dopo il 1987, prima di prodursi nella spettacolare cascata ben visibile dalla Valle del Gavia. Lo scorso anno, al centro dello spalto si era formato un laghetto proglaciale: i depositi alluvionali hanno già colmato l'invaso e, probabilmente, hanno anche coperto il segnale 1, che risulta quindi introvabile. Il caposaldo viene sostituito dal segnale C96. Il ghiacciaio è rimasto ben innevato oltre i 3200 m di quota sino alla III decade di agosto. Successivamente la *snow-line* è risalita di circa 50 m (in sinistra idrografica), complice la fase di caldo moderato verificatasi agli inizi di settembre. Ottima invece la situazione al di sopra dei 3350 m di quota: questo settore del bacino di accumulo ha ricevuto frequenti contributi nevosi anche nel corso dell'estate e ha così potuto conservare un aspetto quasi invernale sino al termine della stagione di ablazione, al punto che il M.te San Matteo presenta cornici di cresta anche alla data del rilievo finale. (A. Galluccio, B. Bonantoni). Variazione media annua: - 29,5 m



*Foto 25: il Monte Gavia e il suo "ghiacciaio nero" (è il campo di detriti posto trasversalmente al centro della foto). Morfologie glaciali di questo tipo sono diventate assai frequenti negli ultimi anni. (8 settembre 1999, A. Galluccio).*

## SETTORE ADAMELLO

### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

L. Bonardi

La campagna glaciologica 1999 nel settore lombardo del Gruppo dell'Adamello ha mostrato il progressivo aggravarsi dei fenomeni di deglacializzazione in corso su questa porzione del rilievo regionale. Ancora una volta, pressoché senza riserva alcuna, dinamiche fortemente negative hanno interessato i corpi glaciali maggiori (ghiacciai dell'Adamello, Pisgana Ovest e

Pisgana Est) come pure quelli di medie e piccole dimensioni (Venerocolo, Avio Ovest, Miller, Aviolo, Miller Inf., Remulo, ecc.).

La progressiva riduzione di spessore delle masse è in genere accompagnata dal consistente ritiro dei margini glaciali. Forme tipiche delle fasi di regresso si osservano un po' ovunque: propensione alla morenizzazione degli apparati più piccoli, emersione e ampliamento di barre e inserti rocciosi, messi a nudo dalla progressiva riduzione di spessore dei ghiacci, crolli frontali, ampliamento delle pozze proglaciali, ecc. Fenomeni particolarmente rilevanti si osservano sui ghiacciai di Aviolo e Pisgana Est, entrambi interessati nel corso dell'ultimo biennio dal crollo di rilevanti porzioni frontali.

In chiave comparativa, sembra trovare conferma l'ipotesi che vedrebbe i ghiacciai dell'Adamello sottoposti a processi di più accentuato decremento rispetto alle pur notevoli dinamiche negative che investono gli altri apparati regionali. Cause di una tale sfavorevole congiuntura sono probabilmente da ricercarsi sia nella distribuzione degli apporti nevosi che, all'interno di un contesto comunque negativo, pare disporsi in misura quantitativamente decrescente lungo una direttrice Ovest-Est, sia nei caratteri morfologici prevalenti del glacialismo in questo settore, riflesso della peculiare disposizione interna del rilievo.



*Foto 26: la lunga colata del Ghiacciaio di Pisgana Est è pressoché priva di innevamento residuo, disposto solo in un limitato settore di testata. Nel 1999, quindi, la gran parte corpo glaciale è rimasta ben al di sotto del limite climatico delle nevi, con conseguente bilancio di massa annuale gravemente deficitario (30 agosto 1999, A. Galluccio).*

#### **575.0 PISGANA EST**

1999.09.12

QMF: 2560

Decremento forte

Rispetto al precedente controllo si osserva il crollo della fronte pensile, con conseguente forte ritiro della lingua che appare anche ulteriormente assottigliata. Come nel 1998, non si osserva innevamento residuo se non alla base dei Corni di Bedole. *Snow-line* a 3100 m di quota. (M. Monfredini, M. Pala, A. Galluccio).

Variatione media annua: -21,5 m

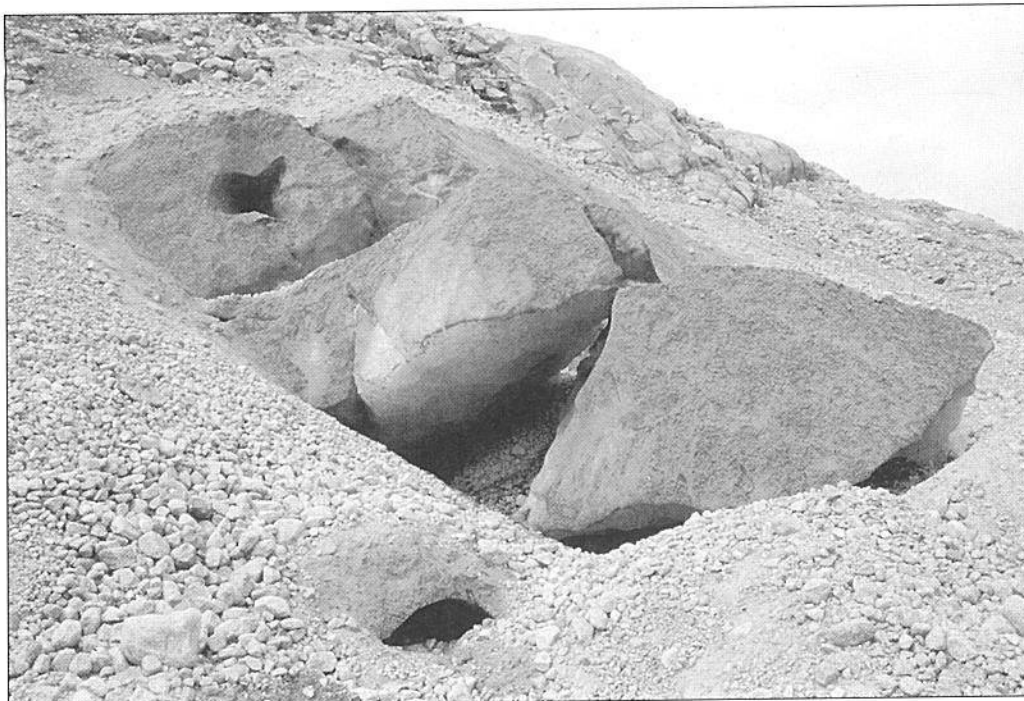


Foto 27: la forte ablazione estiva produce anche fenomeni di rimaneggiamento dell'ambito periglaciale, quali la mobilitazione del detrito di copertura del ghiaccio morto. In fotografia si nota la messa a giorno della matrice di ghiaccio di una vecchia morena laterale del Ghiacciaio di Pissgana Ovest (29 agosto 1999, M. Monfredini).

#### 577.0 PISGANA OVEST

1999.08.29

QMF: 2562

Decremento moderato

Come già osservato negli anni precedenti, una fase di forte contrazione investe questo imponente apparato lombardo. In particolare si rileva un forte regresso della fronte, con appiattimento e distacco di blocchi di ghiaccio specie nella porzione sinistra orografica, dove anche si osserva la formazione di nuovi *coni di ghiaccio*. Il lago proglaciale, più esteso rispetto al 1998, si mantiene a contatto della lingua. Tra questa e il bacino di accumulo si manifesta una notevole riduzione dello spessore del ghiaccio. Lungo il versante sinistro idrografico vanno progressivamente emergendo ulteriori tratti del sottostante gradino roccioso. Un ulteriore ampliamento dei noti *nunatak* e il distacco dalla colata principale di una placca di ghiaccio posta al di sotto della Bocchetta dei Frati, ancora collegata l'anno precedente, costituiscono altrettanto evidenti segni dell'attuale fase fortemente negativa. Ancor più estese e caotiche le aree crepacciate centrali del ghiacciaio. Scarso innevamento residuo, con *snow-line* irregolare posta comunque al di sopra dei 3200 metri. (M. Pala, M. Monfredini, E. Zucchini, A. Galluccio).

#### 581.0 VENEROCOLO

1999.08.28

QMF: 2560

Decremento moderato

La superficie del ghiacciaio non mostra particolari variazioni rispetto alle osservazioni dello scorso anno, anche se il corridoio di confluenza tra il bacino orientale ("Vedretta dei Frati") e il corpo principale risulta sempre meno evidente, soprattutto a causa di una consistente copertura morenica superficiale. La neve residua è presente in forma di chiazze discontinue: la *snow-line* approssimativa è individuabile poco lungi dal limite superiore del ghiacciaio (3200 m s.l.m.). La fronte continua a presentarsi quasi completamente ricoperta da detrito, talora disposto in ben evidenti cordoni: la falesia, discontinua e a tratti verticalizzata, termina nella piccola pozza proglaciale che, parzialmente, cinge a valle l'apparato. (M. Cozzi, A. Gigliuto).  
Variazione media annua: -8 m





Foto 28: il Ghiacciaio di Venerocolo (28 agosto 1999, A. Gigliotto, M. Cozzi) è l'unico apparato vallivo lombardo di forma "articolato" (cioè che riceve un contributo laterale che non partecipa alla formazione della fronte). La confluenza della "Vedretta dei Frati", responsabile di tale attribuzione classificativa, si fa ogni anno più esigua.

#### 591.0 AVIOLO

1999.09.23

QMF: 2540

Decremento forte

Nel corso dell'ultimo biennio, l'apparato ha fatto registrare significative variazioni negative che hanno riguardato tanto i bacini superiori quanto il lungo e sempre meno articolato margine frontale. Nei settori più elevati l'abbassamento dello strato di ghiaccio provocato dalla pluriennale carenza di accumuli residui va progressivamente mettendo in luce nuove frange rocciose. Alla perdita di superficie lungo i margini laterali si accompagna così il crescente affioramento del substrato anche nel centro della colata. E' in corrispondenza del fronte destro che si osservano tuttavia i mutamenti più rilevanti: questi sono in effetti per lo più ascrivibili all'estate 1998, quando si verificava il crollo del potente cono ghiacciato costituente il settore più avanzato del ghiacciaio. In conseguenza di tale evento si innalzava la quota minima della fronte di 20-25 metri, sino a 2540 m circa. Blocchi di ghiaccio caoticamente ammassati lungo un piccolo ripiano sottostante resistevano ancora a fine stagione (autunno 1998) e, in minima parte, anche al termine dell'attuale stagione estiva. Anche il margine inferiore sinistro ha nel frattempo fatto segnare un ulteriore ritiro e una altrettanto evidente riduzione di spessore. (L. Bonardi, M. Monfredini).

#### 599.1 MILLER INFERIORE

1999.09.16

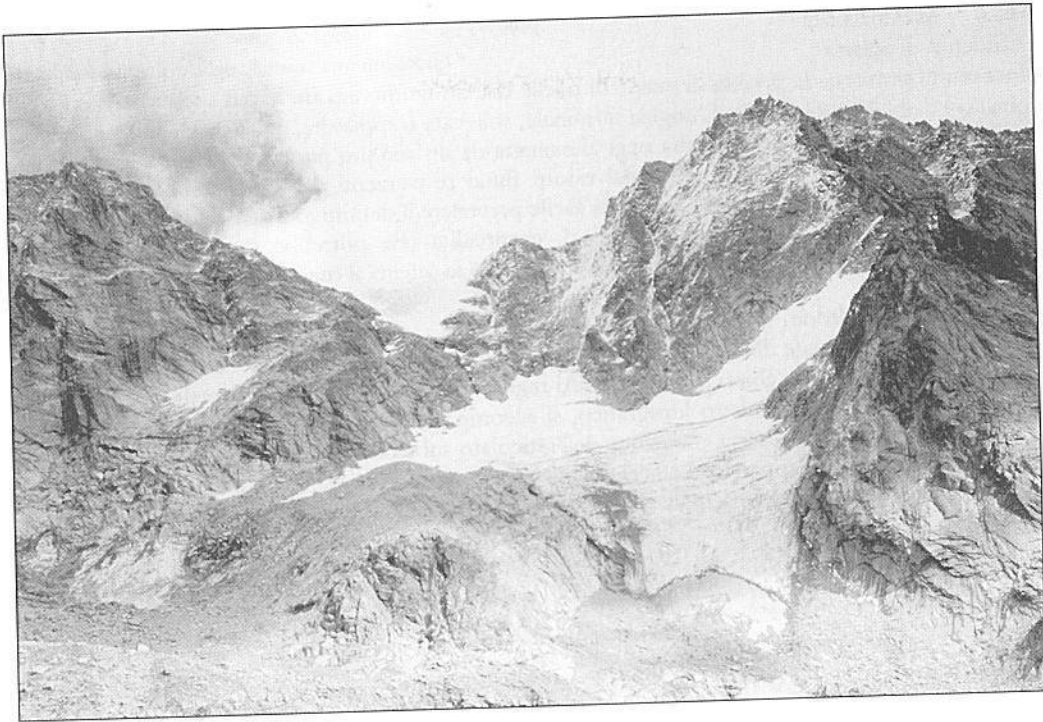
QMF: 2790 (stima)

Decremento forte

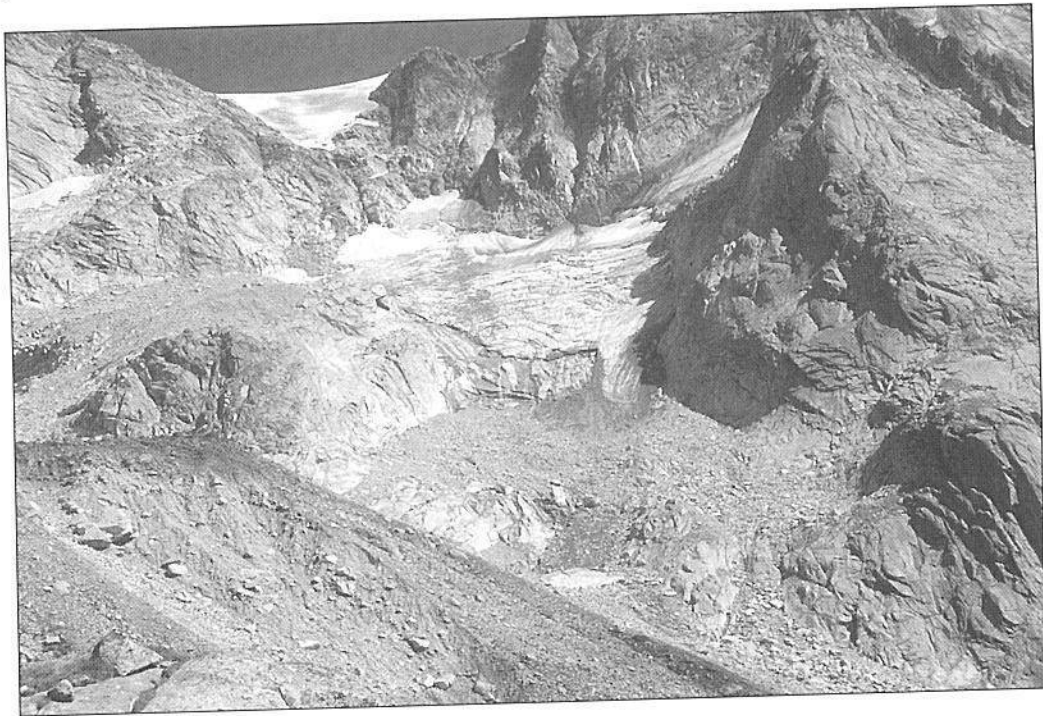
Il ghiacciaio presenta una leggera copertura nevosa dovuta a nevicate recenti. In corrispondenza del cambio di pendenza, si nota un ulteriore allargamento dell'insero roccioso, le cui morfologia e pendenza accelerano la dinamica ablativa, con frequenti crolli di piccoli seracchi. La fronte poggia sul gradino roccioso sottostante, ma è affondata nei detriti: la sua quota minima viene stimata, sulla base del rilievo fotocartografico, pochi metri più in basso del punto di scomparsa al di sotto del mantello morenico. In conseguenza di tale morfologia, la placca che costituisce il riferimento per le misure, posta ancora più valle, appare in superficie ormai staccata dal corpo principale e di volume più ridotto rispetto al passato. (P. Caprara, A. Ciceri).

Variazione media annua: 0 m





*Foto 29 e 30: il Ghiacciaio di Miller Inferiore, antica effluenza occidentale del Ghiacciaio dell'Adamello, nell'estate del 1992 (sopra) e il 16 settembre 1999 (P. Caprara). Si noti il vistoso ritiro intercorso, nonostante una breve avanzata verificatasi nel periodo 1993/1994.*



Effluenza di Salarno

\* quota minima frontale delle effluenze lombarde

Incessante prosegue la perdita di massa di quella che un tempo era fra le più spettacolari colate di ghiaccio delle Alpi lombarde. L'unghia terminale, sollevata e appiattita, ma assestata all'incirca sulle posizioni dello scorso anno, risulta oggi alimentata da un sempre più stretto corridoio ghiacciato lungo il quale si concentrano gli ormai ridotti flussi provenienti dal soprastante Pian di Neve. Stante tale congiuntura, è ancora una volta facile prevedere il definitivo distacco di questa porzione frontale del ghiacciaio dai bacini superiori, eventualità che potrebbe manifestarsi già con la prossima stagione estiva. Variaz. media annua: - 14,5 m (riferita al conoide dell'Effl. Corno di Salarno)

Effluenza di Mandrone

Il confronto fra l'attuale rilievo e il precedente del 1997 mostra il significativo ritiro della principale effluenza del più grande ghiacciaio italiano. Al regresso dell'intero margine frontale, maggiormente accentuato lungo il lato sinistro idrografico, si accompagna una complessiva perdita di spessore, messa in luce dalla progressiva emersione dell'articolato substrato roccioso lungo tutta il perimetro destro-idrografico dell'apparato. La scarsissima copertura di neve residua appare confinata entro i più elevati settori dei circhi orientali. (F. Pelosato, A. Almasio).

## SETTORE OROBIE

### ANDAMENTO DEL GLACIALISMO

S. D'Adda

Nel corso della stagione estiva sono stati indagati 38 ambiti glaciali (36 ghiacciai e glacionevati e 2 forme glaciali minori). Gli individui sottoposti a rilievo sono stati 25; 13 il numero di quelli oggetto di semplice osservazione fotografica. Presso il Ghiacciaio del Lupo è inoltre proseguito lo studio dell'evoluzione del manto nevoso residuo annuale. Proprio gli esigui spessori nevosi riscontrati su questo ghiacciaio all'inizio di giugno prefiguravano uno scenario annuale assolutamente negativo per il glacialismo orobico, fatto confermato dai riscontri di fine estate: tutti gli apparati sono risultati infatti in fase di decremento volumetrico. Solo il piccolo Ghiacciaio del Salto viene definito stazionario per effetto della valutazione del suo andamento nell'ultimo triennio, durante il quale ha beneficiato di importanti residui nevosi (1997 e 1998).

Tre ghiacciai-campione hanno ricevuto misure frontali (Marovin, Porola e Scais) e di questi il solo Ghiacciaio dei Marovin esprime un dato lineare significativo. In effetti, l'attuale fase di contrazione generalizzata delle masse glaciali orobiche è caratterizzata, per ora, da contenute variazioni annue di superficie e, conseguentemente, da ridotti o nulli arretramenti frontali, mentre sono vistosi i fenomeni connessi alla riduzione volumetrica: assottigliamento degli spessori, ampliamento delle finestre rocciose, incremento della copertura detritica galleggiante, addolcimento delle morfologie di "rottura" (crepacci e seracchi), scomparsa di lobi e digitazioni. Alla base di questa situazione gravemente negativa, tra le peggiori dell'ultimo secolo, si pone la concomitanza tra accumuli nevosi carenti e sfavorevole andamento meteorologico della stagione calda, come più volte ricordato.

Mai, negli ultimi anni, si era vista una tale carenza di neve residua: anche i corpi glaciali notoriamente in grado di accogliere grandi accumuli, quali i ghiacciai di Marovin, Dente di Coca e Recastello, si sono presentati quasi del tutto spogli. I piccoli ghiacciai di valanga (Caronella, Dente di Coca, Gro, Salto, Omo W, Podavista e Aga), che di norma non subiscono in maniera determinante le prolungate fasi calde e assolate grazie alla protezione offerta dal fattore orografico, quest'anno non hanno potuto disporre dell'abituale "capitale" nevoso. Per gli apparati più esposti la situazione è ancora più grave: il Ghiacciaio del Lupo e quello di Scais già alla fine della prima decade di agosto erano pressoché privi di copertura, anche nei settori più elevati. Nel corso dell'estate il Ghiacciaio di Trobio Ovest ha subito una riduzione di spessore di circa 1 metro.

Gli eventi dell'anno idrologico 1998-1999 vanno a sommarsi al precedente trend climatico locale, ormai da molti anni improntato, pur con qualche eccezione, a condizioni sfavorevoli al bilancio glaciale: le conseguenze, evidentissime fin d'ora, si faranno sentire anche in futuro.

**541.0 MAROVIN**

1999.10.10

QMF: 2025

Decremento lieve

La media delle 9 misurazioni effettuate alla fronte determina un valore medio annuo di arretramento piuttosto contenuto, che certo non esprime dovutamente le pessime condizioni del ghiacciaio al termine dell'estate. In effetti, nell'ultimo decennio, forse solo nel 1995 la situazione era apparsa peggiore: la neve residua è infatti scarsissima, disponendosi in piccole chiazze nelle tradizionali sedi d'accumulo, ai piedi degli enormi canali di valanga, dove lascia ampio spazio ai sottostanti depositi di nevat. Tale situazione è dovuta sia agli scarsi accumuli sia all'opera erosiva delle piogge estivo-autunnali. Questi fenomeni hanno altresì determinato l'ulteriore riduzione dei canali di alimentazione più elevati e il dilavamento del ghiaccio in corrispondenza dei settori centrale e frontale, assai acclivi. (M. Butti).

Variazione media annua: - 2,5 m



*Foto 31: il Ghiacciaio del Lupo appare privo di copertura nevosa già nella terza decade di agosto: per il glacialismo delle Alpi Orobie, l'anno idrologico 1998-1999 è stato in effetti tra i più penalizzanti del XX secolo (28 agosto 1999, S. D'Adda).*

**543.0 LUPO**

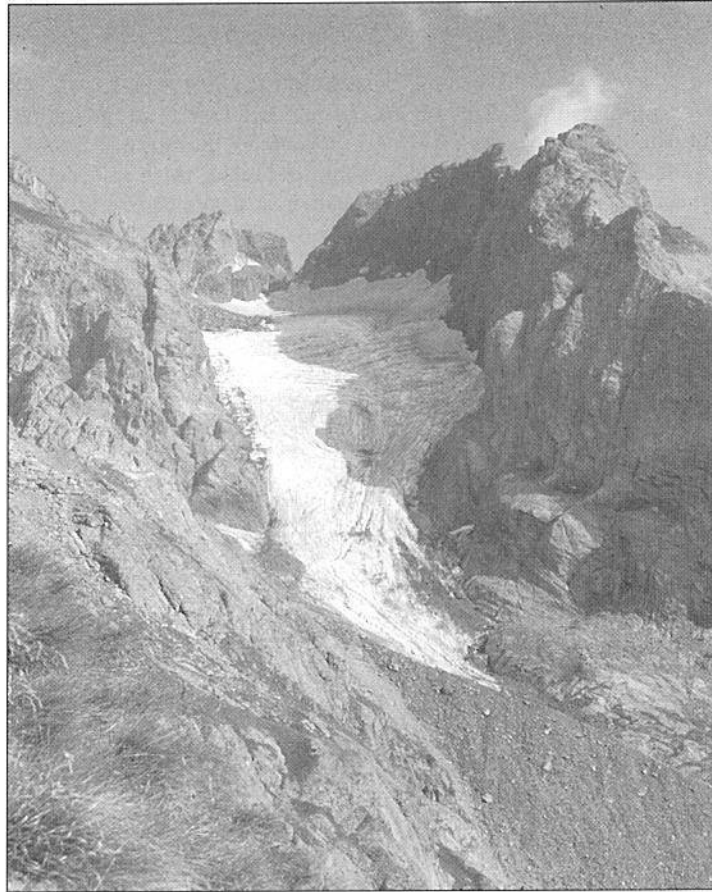
1999.08.28

QMF: 2410

Decremento moderato

L'apparato è pressoché privo di neve residua. Il 1999 costituisce l'anno più povero di resti nevosi da quando, nel 1996, ha preso qui avvio il progetto di studio dell'evoluzione del manto nevoso residuo annuale. Forse nemmeno una stagione fresca avrebbe potuto compensare il grave deficit nevoso riscontrato all'inizio della fase di ablazione: rispetto alla stagione 1998, la più nevosa del quadriennio e comunque negativa a fine estate, lo spessore della neve è inferiore di circa 1/3. Importante appare pertanto la fase involutiva dell'apparato, che evidenzia un'ulteriore contrazione volumetrica, in tutti i settori, e un sicuro arretramento lineare della fronte, purtroppo quest'anno

non confortato da misure. La neve permane, a chiazze, solo presso l'ampio conoide valanghivo occidentale. Saldo negativo anche per la placca isolata sottostante la fronte, libera da neve e sempre più coperta da detrito. (S. D'Adda, M. Butti, F. Mocci, P. Previtali).



*Foto 32: favorito dall'esposizione settentrionale e protetto dal rilievo roccioso circostante, il Ghiacciaio di Porola aveva sino a oggi ben resistito all'imperante trend climatico sfavorevole al glacialismo. Ora mostra invece i segni di una rapida involuzione, che si esprimono soprattutto con un'evidente assottigliamento del settore terminale della colata, destinato a crollare completamente nei prossimi anni. (12 settembre 1999, A. Meani).*

**549.0 POROLA** 1999.09.12 QMF: 2345 Decremento moderato  
Il ghiacciaio si presenta pressoché privo di neve residua, che risulta confinata lungo il perimetro del plateau sommitale, a ridosso delle rocce di testata. Il Canalino di Caronno è completamente spoglio, come anche il conoide di ghiaccio posto al suo piede. La perdurante fase involutiva ha provocato un notevole smagrimento del settore centro-inferiore della colata, solcato da profonde bédrière: si notano sia la scomparsa della linguetta che s'adagiava sul pianoro di rocce montonate alla base della parete Nord della Cresta Corti sia un ulteriore appiattimento della fronte lanceolata, che comunque mantiene le posizioni del 1998. Un'osservazione di dettaglio ha permesso di appurare che, rispetto al limite frontale visibile, la massa ghiacciata prosegue anche più a valle, immergendosi gradualmente nel detrito. La stazionarietà della misura frontale non esprime il descritto decremento volumetrico del ghiacciaio. (A. Meani). Variazione media annua: 0 m

## CAMPAGNA GLACIOLOGICA 1999

Settore Alto Adige – Südtirol

*Organizzazione e revisione scientifica: Franco Secchieri*  
*Nivometeorologia: Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano*

### ELENCO DEGLI OPERATORI CHE HANNO PARTECIPATO ALLA CAMPAGNA GLACIOLOGICA 1999

Barison G., Bruschi P., Da Re R., Degli Esposti P.P., Filippi L., Ferraretto S., Larcher R., Longhini R., Marchetto B.G., Merlini G., Olivieri L., Pastori L., Petronella M., Plankensteiner B., Runggaldier K., Sabbadini M., Sartori G., Secchieri F., Tomaselli L., Tumlner M.

#### GENERALITA'

La Campagna glaciologica svolta nell'estate del 1999 nel territorio della Provincia di Bolzano fornisce una visione sufficientemente significativa dell'andamento locale del glacialismo: l'ampia distribuzione territoriale dei soggetti rilevati compensa infatti il numero limitato di osservazioni.

Le condizioni della quasi totalità dei ghiacciai al termine della stagione estiva è sostanzialmente simile a quelle delle precedenti annate: si è così potuto verificare il perdurare di un regresso che, com'è noto, si protrae ormai da quindici anni senza alcuna soluzione di continuità e che vede i ghiacciai presentare bilanci di massa fortemente negativi.

Per molti di essi, specialmente quelli di dimensioni più modeste, non è stata osservata la benché minima traccia di neve residua. Gli apparati di maggiore estensione, soprattutto altimetrica, mostrano bacini collettori esigui, relegati in aree limitate e sovente disomogenee, posti alle quote più elevate: una situazione che ha determinato una consistente diminuzione del rapporto AAR<sup>1</sup> che in alcuni casi è arrivato a valori estremamente bassi, anche inferiori a 10. Un dato, questo, in grado di mettere bene in evidenza lo squilibrio esistente tra lo sviluppo posseduto ancora adesso dalle masse glaciali e quello, molto più ridotto, che invece loro competerebbe nella situazione climatica attuale. Ne consegue il perdurare di quella fase di riduzione generalizzata, sia areale che volumetrica, che è stata appunto verificata.

Nonostante quanto detto, è parso tuttavia di poter cogliere per molti ghiacciai una lieve differenza, dovuta al permanere della neve residua, seppure in quantità piuttosto modesta e alle quote più elevate, rispetto alle situazioni ben più allarmanti riscontrate in precedenza.

Un rapido sguardo alle condizioni meteorologiche<sup>2</sup> che hanno caratterizzato l'anno idrologico 1998 – 1999 permette di constatare una scarsità preoccupante delle precipitazioni nevose invernali e un'estate caratterizzata da temperature medie costantemente superiori ai valori di riferimento. Un ulteriore elemento negativo, che ha contribuito ad aggravare una situazione di bilancio già assai deficitaria, è la quasi totale assenza di apporti solidi estivi, anche in quota.

E dire che l'inizio della stagione di accumulo si è presentato con nevicate consistenti,

<sup>1</sup> Accumulation Area Ratio: rapporto percentuale tra area di accumulo e area totale.

<sup>2</sup> I dati meteo sono tratti da *Climareport* n.1: 34 – 46, Prov. Auton. di Bolzano, Ufficio Idrografico.



soprattutto nella prima decade del mese di Ottobre, come conseguenza della formazione di una estesa area ciclonica. Tale esordio favorevole è stato però più che compensato dal periodo di siccità alquanto prolungato che si è verificato nei mesi a seguire: in Novembre e Dicembre, infatti, non si sono registrati apporti significativi, così come in parte anche nel bimestre Gennaio - Febbraio 1999. Soltanto in Marzo si sono avute significative nevicate, con quantità di precipitazioni al di sopra della media del periodo di confronto.

I mesi tardo-primaverili hanno presentato un andamento termico che è risultato essere generalmente più caldo rispetto agli anni precedenti, soprattutto nel mese di Maggio, una condizione, questa, che è andata a scapito della qualità del manto nevoso in quota, producendone anche un più accelerato esaurimento.

I caratteri termo-pluviometrici estivi hanno mostrato valori tali da potersi considerare gravemente negativi per il glacialismo. Pur non essendo mancate le precipitazioni, sovente provocate da episodi locali più da che invasioni cicloniche con perturbazioni organizzate, le temperature elevate ne hanno determinato la forma liquida anche sulle parti elevate dei bacini glaciali, con un danno facilmente comprensibile per il bilancio energetico dei ghiacciai. Il mese di Settembre ha concluso l'annata idrologica con un andamento termico che ha fatto registrare una differenza media di circa + 1 °C in tutte le stazioni meteorologiche dell'Alto Adige.

### ABSTRACT

Il Servizio Glaciologico del CAI – Alto Adige (SGAA) effettua dal 1992 regolari campagne di osservazione su alcuni ghiacciai del territorio della Provincia Autonoma di Bolzano. Nell'estate del 1999 sono stati controllati 25 apparati glaciali. Tutti mostrano un forte ritiro frontale. Per un solo ghiacciaio si misura una lieve avanzata, forse causata da fenomeni di assestamento. Nei settori altimetricamente più elevati l'estensione della neve residua è maggiore rispetto agli anni precedenti.

Parole-chiave: *ghiacciai dell'Alto Adige, snow-line*

Since 1992 the Servizio Glaciologico of CAI – Alto Adige (SGAA) carries out monitoring campaigns on some glaciers in the area under the jurisdiction of the Autonomous Province of Bolzano. In summer 1999 they checked 25 glacial units. All of them registered a strong snout's retreat. Only one glacier was slightly advancing, probably because of settling events. In those sectors which are altimetrically higher the residual snow cover was wider than the previous years.

Key words: *glaciers of Alto Adige, snow-line*

Depuis l'année 1992, le SGAA (Service Glaciologique Alto Adige) réalise des campagnes régulières d'observation de certains glaciers, qui se trouvent dans la province autonome de Bolzano. Pendant l'été on a contrôlé 25 glaciers: tous ces glaciers montrent un fort recul du front. Un glacier seulement montre une faible progression, peut-être pour des phénomènes de tassement. Dans les secteurs les plus hauts, la neige restante est plus abondante que pendant les années précédentes.

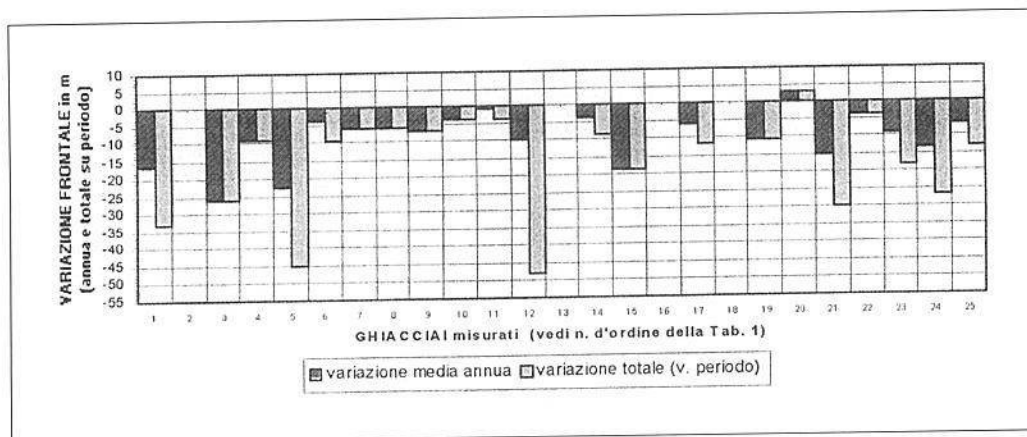
Mots clés: *glaciers de l'Alto Adige, snow-line*

Seit 1992 durchführt das Servizio Glaciologico von CAI – Südtirol (SGAA) regelmäßige Monitoringkampagnen auf einigen Gletschern im Gebiet der Autonomen Provinz von Bozen. Im Sommer 1999 wurden 25 Gletschereinheiten untersucht. Alle erlebten einen starken Torrückzug. Nur ein Gletscher verzeichnete einen kleinen Vorstoß, der wahrscheinlich von Setzungsphänomenen verursacht wurde. Auf den Sektoren, die höhenmessungsweise höher sind, war der Umfang der restlichen Schnee größer als der in der vergangenen Jahren.

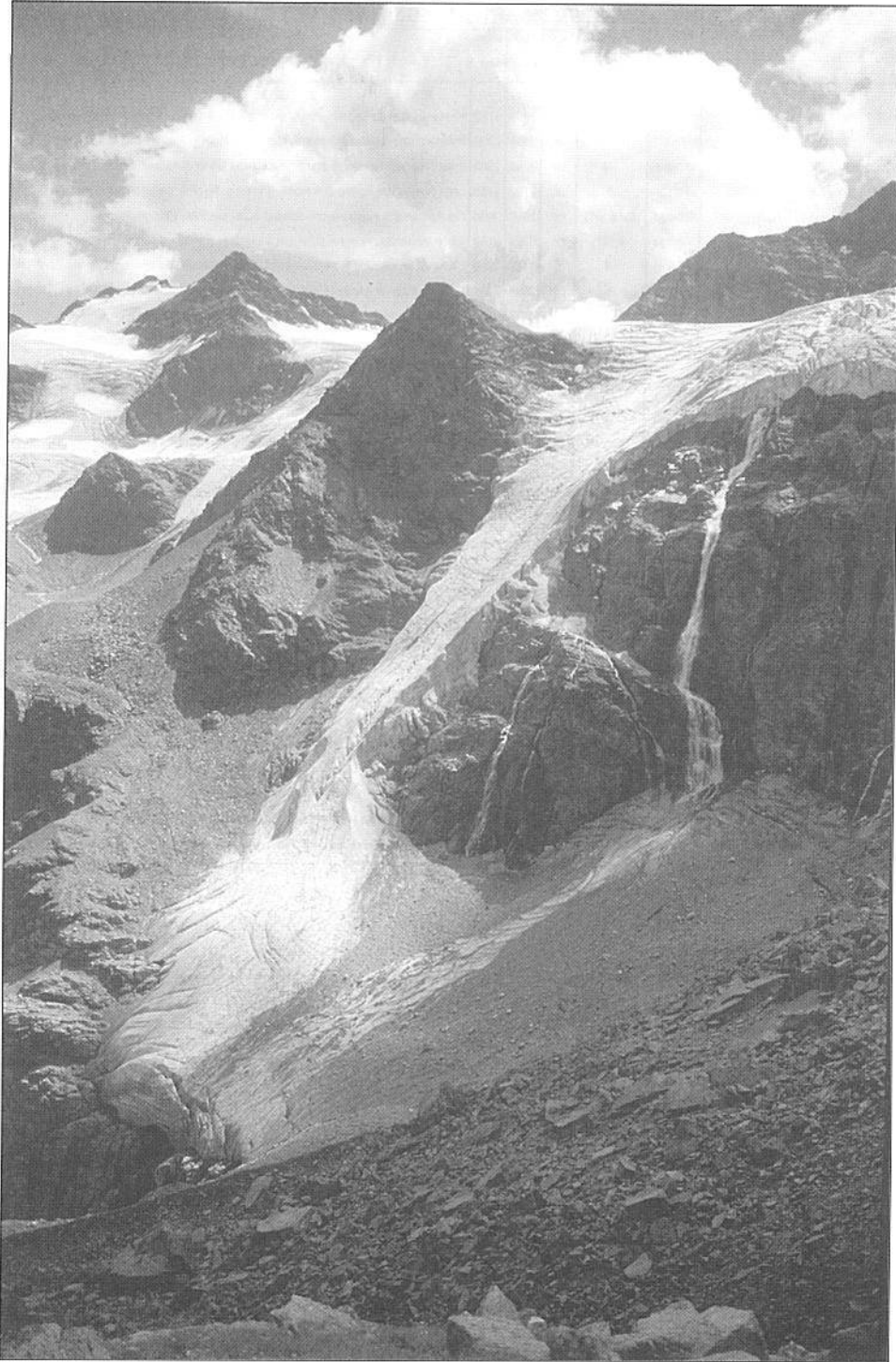
Schlüsselwörter: *Gletscher im Südtirol; Snow-line*

Nota: per le modalità di trattamento dei dati della tabella di pag. 141 e delle singole schede e per gli indici della fase dinamica annuale dei ghiacciai vedi "Avvertenze per la lettura" di pag. 98.

CAMPAGNA GLACIOLOGICA 1999 IN ALTO ADIGE (ALPI CENTRO-ORIENTALI ITALIANE)							
N° cat.	Unità glaciale	DATA	VAR. fronte	fase din.	QMF	snow-line	NOTE E OPERATORI
1	715 PRACUPOLA	17-ago	-16.5 (97)	DF	2890	3150	Massa di ghiaccio sepolto isolata a valle della fronte. (Tomaselì, Petronella).
2	859 CENTRALE DEL LAGO	1-set		DL	2400	2700	Innevamento residuo relativamente abbondante e a quote basse. (Bruschi, Tumler).
3	728 SERANA	10-set	-26	DF	2850	3100	Affior. rocciosi frontali in aumento. Morena '85 in disfacimento. (Secchieri)
4	729 ULTIMA	10-set	-9	DL	2780	3150	Lago proglaciale destro con fronte immersa. Morena galleggiante. (Secchieri).
5	743/4 LASA	22-ago	-22.5 (97)	DF	2500	3050	Fronte franata, innnevamento residuo quasi assente. (Runggaldier).
6	746 FORNO	22-ago	-4 (97)	DL	2795	2950	Ritiro moderato. Morena galleggiante settore frontale sinistro. (Runggaldier).
7	762 SOLDA	22-set	-6	DM	2650	2800	Terreno proglaciale in rimaneggiam. Pozze d'acqua inframoreniche. (Barison, Larcher).
8	770 TRAFOI	29-ago	-6	DM	2345	3050	Isole rocciose in aumento anche nella parte alta del bacino di accumulo. Accentuazione divisione lingua in due lobi. (Barison, Olivieri).
9	771 MADACCIO	9-set	-7	DL	2480	2800	Fronte del settore sinistro insinuata in una stretta gola. Abbondante detrito galleggiante sulla porzione destra della fronte. (Marchetto).
10	788 MAZIA	25-ago	-4	DM	2650	3200	Divisione fronte N, colata S piatta e ristretta, innnev. res. quasi assente. (Ferraretto).
11	784 PLANOL	10-set	-1 (94)	DL	2770	3050	Copertura morenica sul settore sx frontale. Accumulo esteso. (Filippi, Merlini).
12	776/7 VALLELUNGA e CRODA	18-set	-10 (94)	DM	2430	3050	Forte riduzione seraccata della Croda. Fronte incassata in una gola. (Filippi).
13	778 BARBADORSO DENTRO	19-set		DM	2580	3000	Fronte sempre più appiattita, materiale morenico in aumento. (Filippi).
14	794 SILDURA MERIDIONALE	22-ago	-4 (97)	DL	2800	3150	Copertura morenica in aumento nel settore frontale. (Sabbadini).
15	813 GIOGO ALTO	8-set	-18.5	DF	2740	n.v.	Riduzione di massa. Sbrancamenti e ridistribuzione neve (attività sport.). (Longhini).
16	819 ALPE DI CAVALLO	2-set		I	3025	n.v.	Abbondante innnevamento residuo, incerta individuazione limiti. (Ferraretto).
17	883 GRAN VEDRETTA OR.	18-set	-6 (97)	DM	2510	n.v.	Estesa copertura morenica; limiti fronte incerti. Forte riduzione di spessore. (Pastori).
18	884 GRAN VEDRETTA W.	18-set		DM	2530	n.v.	Massa di ghiaccio isolata alla fronte. Deglaciazione pareti rocciose superiori. (Sartori).
19	902 NEVES ORIENTALE	31-ago	-11	DM	2580	2900	Periste la riduzione spessore nel settore inferiore. Distacco blocchi ghiaccio alla fronte. (Plankensteiner, Degli Esposti, Da Re).
20	908 RIOTORBO	25-ago	3	IL	2675	2700	Limite innnevamento alquanto basso. (Plankensteiner, Degli Esposti, Da Re).
21	912 PREDOI	11-set	-15 (97)	DF	2450	2800	Abbondante morena galleggiante sul settore frontale. Morene mediane. Riduzione nevato di parete. (Degli Esposti, Da Re).
22	913 LANA	12-set	-4	DL	2250	2950	Fronte completamente nascosta da morena. Grandi morene mediane. (Da Re).
23	919 VALLE DEL VENTO	8-set	-9 (97)	DL	2460	2900	Progressiva suddivisione della fronte in due lobi. Innnevamento residuo discreto. (Plankensteiner, Degli Esposti).
24	920 ROSSA (gh. Rosso Destro)	8-set	-13.5 (97)	DM	2480	2850	Suddivisione della lingua in due lobi. (Plankensteiner, Degli Esposti).
25	926 SASSOLUNGO W.	23-set	-6.5 (97)	DL	2535	2950	Copertura morenica frontale. Riduzione nevato di parete. (Plankensteiner, Da Re).



Tab. 1 e fig. 1: riepilogo dei ghiacciai dell'Alto Adige visitati nel 1999 e loro variazione media annua (vedi anno di riferimento a fianco della misura) e totale del periodo (nell'istogramma la posizione progressiva corrisponde al numero d'ordine della tabella).



*Foto 1: la stretta e ripida colata terminale del Ghiacciaio di Lasa si raccorda con il cono di rimpasto generato dai crolli della parete pensile superiore. (1999, K. Runggaldier)*

**PARTE SISTEMATICA**

- 715 PRACUPOLA** 1999.08.17 QMF.: 2890 Decremento forte  
 Le misure sono state effettuate con l'ausilio di un telemetro laser. Il rilievo a terra è stato completato da una osservazione aerea eseguita il 14.09.99 (F. Secchieri). Si nota una accentuata riduzione di spessore che ha portato a una consistente variazione della morfologia generale: dei due lobi in cui negli ultimi anni si era suddivisa la fronte, quello di destra è praticamente scomparso. Attualmente si nota una fronte più corta, adagiata a ridosso della parete rocciosa della cresta della Quaira Bianca. Proseguono con frequenza i crolli di materiale detritico, soprattutto nel settore sinistro: al piede del salto roccioso che sostiene il ghiacciaio si è formato un conoide di notevoli dimensioni. A destra di tale accumulo si è potuta osservare, per effetto dello scivolamento del materiale detritico di copertura, la persistenza di una consistente massa di ghiaccio o nevato, residuo di quel glacionevato accatastato nel World Glacier Inventory con il codice I-4L.001101-10. Nel bacino superiore, a causa della consistente riduzione dello spessore del ghiaccio e del nevato, va affiorando sempre più un marcato spuntone roccioso, che tende ora a dividere il ghiacciaio in due subunità. *Snow-line*: 3150 m (I. Tomascelli, Petronella M.) Variazione media annua: - 16,5 m (1997)
- 728 SERANA** 1999.09.15 QMF.: 2850 Decremento forte  
 La fronte occidentale del ghiacciaio, quella normalmente tenuta in osservazione, mostra il persistere di una consistente riduzione, non solo lineare, ma anche e soprattutto volumetrica. Quello che fino a qualche anno fa era solo un modesto affioramento roccioso mediano, a causa del ritiro del ghiacciaio si è ormai trasformato in una vera e propria parete, al di sopra della quale si va posizionando il settore centrale della fronte. I due lobi, disposti lateralmente ad esso, appaiono molto assottigliati e il loro aspetto fa presagire un ulteriore declino. Al piede della roccia permane una massa di ghiaccio morto, praticamente isolata e in via di graduale esaurimento. Un nuovo affioramento roccioso è comparso a sinistra, un centinaio di metri più in alto della fronte: se ne seguirà l'evoluzione in quanto utile a fornire indicazioni quantitative sulla diminuzione dello spessore del ghiaccio. La copertura nevosa residua è distribuita in maniera asimmetrica, scendendo in placche sino ai 2950 m nel settore destro e ritirandosi, invece, al di sopra dei 3200 m in quello sinistro. Nel complesso, comunque, la situazione di bilancio appare nettamente sfavorevole, potendosi valutare a non oltre il 10% la superficie ricoperta dalla neve vecchia. *Snow-line*: 3100 m. (F. Secchieri). Variazione media annua: - 26 m
- 729 VEDRETTA ULTIMA** 1999.09.15 QMF.: 2780 Decremento lieve  
 Nel settore orientale, il limite del ghiaccio appare netto solo in superficie, potendosi riconoscere la presenza anche al di sotto del morenico. Il settore ovest presenta una modesta falesia che si immerge nel laghetto proglaciale, mentre il fianco destro è completamente sommerso da morena galleggiante: lo studio dell'andamento delle pendenze e qualche affioramento del substrato, originatosi a causa di scivolamenti del materiale di copertura, consentono di individuare il contorno della fronte, che si mostra un poco arretrata rispetto al 1998. Il terzo inferiore dell'intero corpo glaciale è in costante riduzione, soprattutto in larghezza, molto pronunciata al di sotto della zona crepacciata di quota 3000 m. Omogenea copertura di neve vecchia nella parte più elevata del bacino. *Snow-line*: 3150 m (14.09.99). (F. Secchieri). Variazione media annua: - 9 m
- 743, 744 LASA** (e Gh. Basso dell'Angelo) 1999.08.22 QMF.: 2500 (stima) Decremento forte  
 Si nota l'avvenuto distacco, nella gola che la ospita, della parte terminale della lingua: la vecchia fronte, ricoperta da ghiaccio di crollo, è quindi ora una placca di ghiaccio morto. La nuova fronte non è al momento misurabile in quanto posta al di sopra di un salto roccioso inaccessibile. Appare inoltre evidente una progressiva riduzione di spessore del corpo glaciale. Persiste il grande conoide laterale sinistro, direttamente collegato al settore frontale, alimentato dalle frane di ghiaccio e dalle valanghe provenienti dalla fronte pensile sovrastante. Tale massa è ricoperta da detrito: una notevole cascata d'acqua batte proprio al suo vertice. Anche il settore estremo destro della lunga e articolata fronte appare retrocesso: ora è attestato al di sopra il gradino roccioso di quota 2900 m circa. Al piede di questo si spingeva ancora all'epoca dei rilievi del WGI (1982/85). *Snow-line*: > 3000 m (14.09.99). (K. Runggaldier). Variazione media annua: - 22,5 m (1997)
- 746 VEDRETTA DEL FORNO** 1999.08.22 QMF.: 2795 Decremento lieve  
 Pur essendo persistenti i fenomeni di riduzione del corpo glaciale, tuttavia non si sono riscontrate vistose variazioni della sua struttura complessiva. Lo scivolo nevoso sommitale, a Est della Cima dell'Angelo Grande (3521 m), si mostra ricoperto di neve residua e di estensione immutata rispetto al 1997. All'atto del sopralluogo l'ablazione è intensa e i torrenti mostrano una forte portata. Una grossa *bediere* è visibile sul fianco sinistro della lingua. *Snow-line*: 2950 m (K. Runggaldier). Variazione media annua: - 4 m (1997)



*Foto 2: veduta generale del Ghiacciaio di Prapionella ripresa dalla stazione fotografica di quota 2825. (1999, L. Tomaselli, M. Petronella).*

*Foto 3: fronte della colata orientale del Ghiacciaio di Solda, proveniente dal settore tra Cima Solda e Punta Craglia. Pur mantenendo uno spessore consistente, la massa glaciale denota un progressivo arretramento frontale che produce incessanti modificazioni del margine proglaciale. (1999, G. Barison).*





**762 SOLDA**

1999.08.22 QMF.: 2650 Decremento moderato

E' opportuno ricordare che, a causa della forte riduzione complessiva del ghiacciaio, la vecchia lingua, un tempo unitaria (formata dalla coalescenza di diversi flussi), si è da qualche anno suddivisa in più colate provenienti da altrettanti circhi di alimento. Se ne possono annoverare almeno 5: colata del circo SE dell'Ortles, dei circhi N e NE del Gran Zebrù, dei circhi più orientali di Punta Graglia e di Cima Solda. Attualmente, l'unica fronte controllata sistematicamente è quest'ultima, non esistendo alcuna possibilità concreta di porre ulteriori punti di misura. In toto, si osserva una ulteriore e forte riduzione della massa con relativo abbassamento della superficie. Alla sinistra della parte terminale della lingua è in aumento la copertura detritica, segno quanto mai evidente di un consistente ritiro. La morena mediana, di discreto spessore, è in progressivo sviluppo e tende a isolare sempre più l'estremo settore destro del ghiacciaio. Grazie all'adozione di un telemetro laser è stato possibile verificare e misurare le attuali dimensioni del laghetto proglaciale che è risultato avere una larghezza massima di 42 m e una lunghezza di 27 m. Si nota infine la marcata riduzione del nevato di parete alla base della cresta compresa tra il Passo del Lago Gelato e la Cima Solda, con una sempre maggiore superficie rocciosa esposta. *Snow-line*: 2800 m (G. Barison, R. Larcher). Variaz. media annua: - 6 m

**770 TRAFOI**

1999.08.29 QMF.: 2345 Decremento moderato

Per le condizioni dell'area e la quantità sempre maggiore di morena, l'unico segnale al momento utilizzabile è quello relativo al settore destro della fronte. Le riprese effettuate in anni successivi da stazioni fisse ben evidenziano la consistente riduzione dell'intera massa, dalla fronte fino ai settori più elevati del bacino collettore. Appare notevole l'aumento delle isole rocciose emergenti e l'estensione delle pareti rocciose, a cominciare dal crestone longitudinale digradante dalla Cima Campana. A causa del ritiro e della riduzione della parte inferiore della colata, si va sempre più ampliando il setto roccioso centrale, che a breve suddividerà la lingua in due parti: già ora, la colata ha assunto una morfologia a "chele di granchio". Nella parte destra è visibile una caratteristica morena centrale. La fronte di questo settore termina con una modesta bocca da cui fuoriesce il ramo destro del torrente glaciale. Tra il 1980 e il 1998 la quota minima frontale è passata da 2275 m a oltre 2340 m. *Snow-line*: > 3000 m (G. Barison, Luciano Olivieri). Variazione media annua: - 6 m

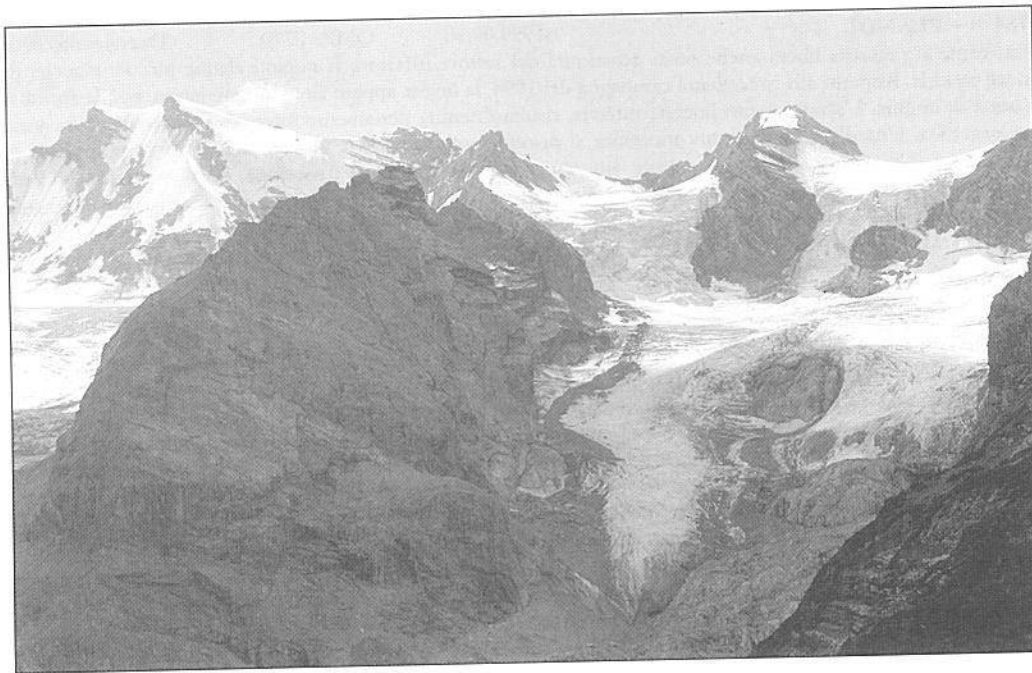


Foto 4: telefoto del Ghiacciaio di Trafoi dalla strada dello Stelvio. Sullo sfondo, al centro, la Cima Campana. A sinistra, la caratteristica struttura della Cima di Trafoi (3565 m), la cui parete nord appare in parte deglacializzata. (1999, G. Barison).

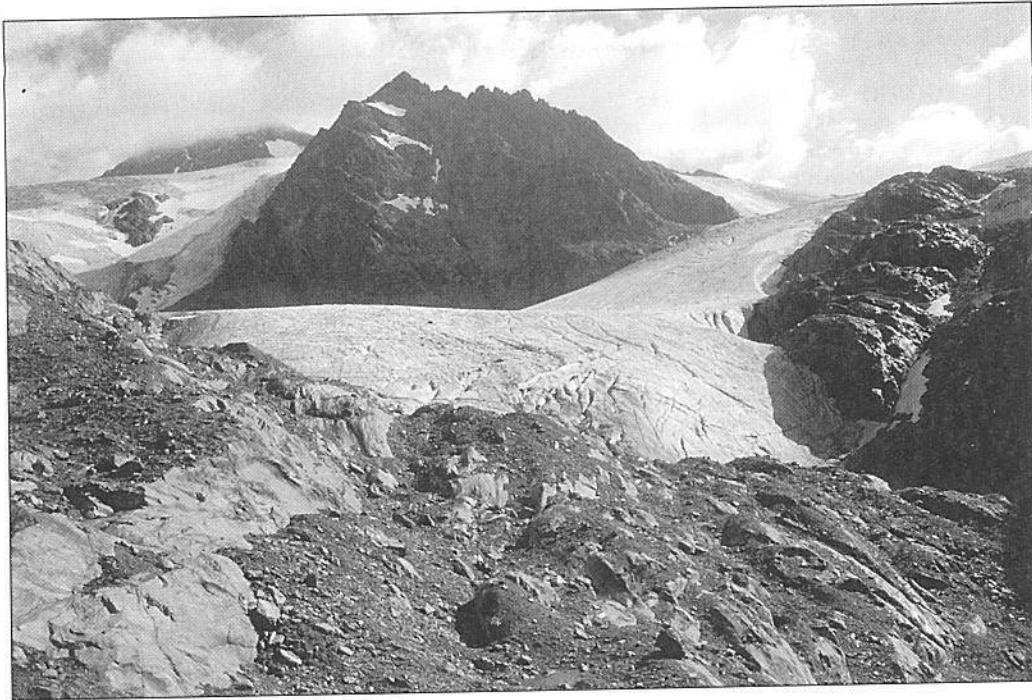
**771 MADACCIO** 1999.09.09 QMF.: 2345 (dx); 2490 (sx) Decremento lieve  
Le misure sono state effettuate con telemetro laser e limitatamente al settore sinistro (a destra le attuali condizioni della fronte e l'abbondanza di detrito morenico non consentono l'utilizzo degli altri segnali). La fronte appare qui alquanto più ristretta rispetto alla precedente osservazione, insinuandosi in una angusta gola. Su di essa è presente una notevole quantità di detrito proveniente dalle rocce sovrastanti. Si sono osservati più ampi affioramenti rocciosi. Sul lato opposto (destra) la colata, pur in una fase di ritiro, continua a mantenere un buon spessore e il settore terminale della lingua sembra essere ancor alimentato. In aumento il materiale detritico galleggiante, anche nella porzione mediana, dovuto alle frange provenienti dalle pareti che sovrastano il fianco destro della colata. *Snow-line*: 2800 m. (B.G. Marchetto). Variazione media annua: - 7 m

**776, 777 VALLELUNGA (e della CRODA)** 1999.09.18 QMF.: 2420 Decremento moderato  
Le condizioni attuali della fronte, ritiratasi di molto all'interno della stretta gola, e la portata del torrente glaciale rendono difficili le operazioni di misura, eseguite con telemetro laser. La grande lingua di ablazione è formata dalla coalescenza di tre principali colate, provenienti dal Ghiacciaio della Croda (destra idrogr.) che si somma al flusso proveniente dalla Bocchetta di Vallelunga, dal circo centrale della Forcella di Palla Bianca e da quello tra la Cima della Palla Bianca e il Barbadorso di Dentro (sin. idrogr.). La più attiva delle tre correnti sembra essere quella centrale, mentre le due laterali presentano un flusso sensibilmente ridotto. Uno degli aspetti di maggior rilievo è la riduzione della seraccata che collega l'alto bacino del Ghiacciaio della Croda con il fianco sinistro della lingua: essa si è ristretta a un modesto flusso centrale mentre la maggior parte del sovrastante ghiacciaio presenta un'alta falesia che genera continui ma modesti crolli. Sempre in questo settore si nota la copertura morenica di una estesa porzione laterale, non più alimentata e in via di isolamento dal flusso attivo. Le morene mediane, a causa della riduzione di spessore della lingua, si sovraccavano notevolmente rispetto alla superficie glaciale. *Snow-line*: > 3000 m (L. Filippi). Variaz. media annua: - 10 (1994)

**778 BARBADORSO DI DENTRO** 1999.09.19 QMF.: 2580 Decremento moderato  
Due torrenti glaciali, di notevole portata al momento del sopralluogo, fuoriescono alle due estremità della fronte. La parte terminale del settore frontale si presenta ancor più appiattita rispetto alle ultime osservazioni. In aumento anche la copertura morenica sul lato destro frontale. Quota della *snow-line*: 3000 m ca. (L. Filippi).

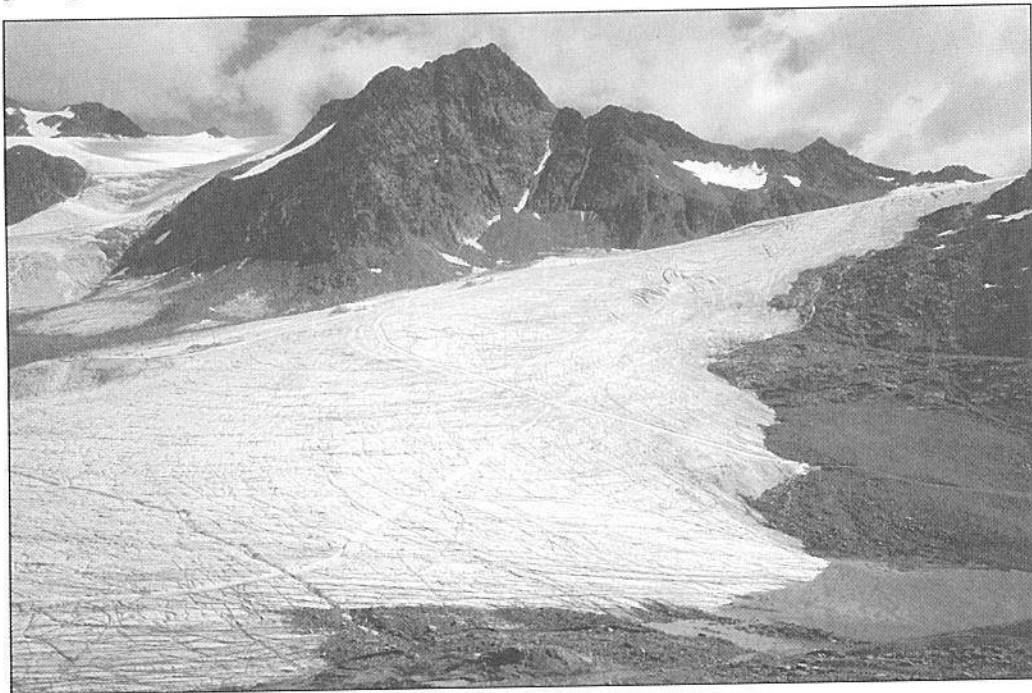
**784 PLANOL** 1999.09.10 QMF.: 2770 Decremento lieve  
La fronte si presenta libera anche se in prossimità del settore inferiore si notano alcune piccole placche di neve residua. Rispetto alla precedente campagna del 1994, la lingua appare alquanto appiattita, con la fronte a forma di unghia. L'arretramento lineare, tuttavia, risulta di entità nettamente inferiore rispetto alla riduzione volumetrica. Una discreta copertura morenica si dispone sulla superficie glaciale nel tratto compreso tra la fronte e i 2950 m di quota, nel settore sinistro, a ridosso del fianco roccioso. Non risultano evidenti crepacciature. La copertura nevosa residua è alquanto omogenea al di sopra dei 3000 m, fatto di notevole importanza per il bilancio di massa vista la topografia pianeggiante della parte più elevata del bacino. Quota neve vecchia/nevato: > 3000 m. (L. Filippi, G. Merlini). Variazione media annua: - 1 m (1994)

**788 MAZIA** 1999.08.25 QMF.: 2650 (colata S) Decremento moderato  
Una delle maggiori novità morfologiche osservate nel settore frontale del lobo di sinistra, quello principale, è costituita dalla presenza di un grosso torrente glaciale, sito in destra idrografica in corrispondenza del segnale ZA92. Dopo essere fuoriuscito dal fianco della colata e aver percorso un tratto di circa 150 metri, si infila nuovamente al di sotto del ghiaccio per poi concorrere alla formazione dell'emissario. Complessivamente, il ghiacciaio è in fase di progressiva riduzione, caratterizzata sia da assottigliamento e da riduzione di volume sia da arretramento lineare. La colata settentrionale, che defluisce alla destra idrografica della Punta Nera, appare soggetta alle più vistose variazioni: in particolare si nota un notevole ammasso di ghiaccio morto, ricoperto da una grande quantità di materiale detritico, che è stato abbandonato, nell'area proglaciale, dalla lingua in veloce riduzione. La sensazione di un progressivo smembramento del corpo glaciale in più apparati distinti, rilevata nella precedente campagna, trova conferma anche in data odierna, specialmente per il settore coincidente con il circo a Ovest della Cima Barba d'Orso di Dentro. Di sempre maggiori dimensioni è lo sperone centrale, che un tempo affiorava solo con una modesta finestra rocciosa nel mezzo di una possente seraccata e che ora si pone come inserto tra i due lobi in cui si è suddivisa la colata destra. La colata meridionale, settore sinistro, è anch'essa apparsa in ulteriore riduzione, anche se il dato di arretramento frontale potrebbe indicare una diminuzione dell'intensità del fenomeno. *Snow-line*: 3200 m. (S. Ferraretto). Variazione media annua: - 4 m



*Foto 5: il settore inferiore della colata principale del Ghiacciaio di Maggia. A sinistra la Punta Nera separa questa lingua da quella settentrionale. (1999, S. Furlanetto).*

*Foto 6: settore inferiore del Ghiacciaio del Gioigo Alto. La lingua appare alquanto appiattita e in sensibile riduzione. Si nota la parte di pista sciistica di raccordo con l'impianto inferiore di risalita. (1999, R. Longhino).*



**794 SALDURA MERIDIONALE** 1999.08.22 QMF.: 2800 Decremento lieve  
Morenico in aumento nel settore frontale. *Snow-line*: > 3100 m (M. Sabbadini). Variaz. media annua: - 4 (1997)

**813 GIOGO ALTO** 1999.09.08 QMF.: 2735 Decremento forte  
A causa della manomissione del manto nevoso (funzionalità delle piste sciistiche), dislocato e ridistribuito artificialmente, non è possibile identificare la *snow-line*. La direzione di misura del segnale RI.97 legge nei pressi dello sbocco del torrente glaciale: questo il motivo del forte arretramento registrato. In corrispondenza del segnale GZ.85, la lingua si presenta assottigliata e poggia su un pianoro colmo di limo imbevuto d'acqua. L'aspetto generale evidenzia una consistente riduzione complessiva. Da segnalare alcuni lavori di sistemazione dell'area proglaciale, di notevole impatto ambientale. (R. Longhino). Variazione media annua: - 18,5 m

**859 CENTRALE DEL LAGO** 1999.09.01 QMF.: 2400 Decremento lieve  
Non risultano essere state effettuate precedenti misurazioni. Le ultime annotazioni sul ghiacciaio sono quelle tratte dal Catasto della Provincia di Bolzano, basate sui dati del W.G.I. (1982). Rispetto alla situazione di massima espansione, verificatasi verosimilmente attorno al 1985, e dal confronto con immagini di archivio, si è potuto notare un regresso generale e una diminuzione dello spessore, tuttavia non così consistenti e drastici come ci si sarebbe potuto aspettare. Nel 1982 la quota più bassa del ghiacciaio era rilevata a 2390 m, non molto diversa da quella riscontrata oggi. La situazione geografica del bacino e le condizioni climatiche locali possono avere attenuato l'entità del ritiro di questo e degli altri ghiacciai del Gruppo rispetto alle situazioni riscontrate in altre aree della Provincia di Bolzano. Anche la quota del limite del nevato (2700 m), molto bassa, suggerisce dinamiche favorevoli a una migliore conservazione della massa. (M. Tumler, P. Bruschi).



*Foto 7: il settore destro idrografico del Ghiacciaio Centrale del Lago. Si nota il limite della neve residua invernale che si spinge fino a quota piuttosto bassa. (1999, P. Bruschi).*

**883 ORIENTALE DELLA GRAN VEDRETTA** 1999.09.18 QMF.: 2510 Decremento moderato  
La copertura detritica del settore frontale è notevolmente aumentata e rende difficile e incerta la determinazione del limite del ghiaccio. Si nota come la variazione principale si manifesti più come riduzione di spessore che come ritiro lineare, comunque consistente. (L. Pastori). Variazione media annua: - 6 m (1997)



**902 ORIENTALE DI NEVES**

1999.08.31

QMF.: 2580

Decremento moderato

L'estesa lingua valliva, che caratterizza la morfologia complessiva di questo grande ghiacciaio, va progressivamente affievolendosi: lo spessore pare avere raggiunto ormai livelli preoccupanti per la sua unitarietà. Uno degli aspetti più interessanti riguarda le modalità di fusione della parte terminale della colata che avviene, oltre che per ablazione diretta, anche per distacco di blocchi di ghiaccio. Unica nota positiva ai fini del bilancio glaciale è la permanenza in quota di una copertura nevosa residua relativamente abbondante. Tale fatto potrebbe trovare una spiegazione nella posizione geografica, a ridosso della cresta di confine, in un ambito che risente dell'effetto-staù il quale, com'è noto, determina precipitazioni più abbondanti, tipiche del versante austriaco di questo settore alpino. *Snow-line*: 2900 m. (P.P. Degli Esposti, B. Plankensteiner, R. Da Rè).

Variazione media annua: - 11 m

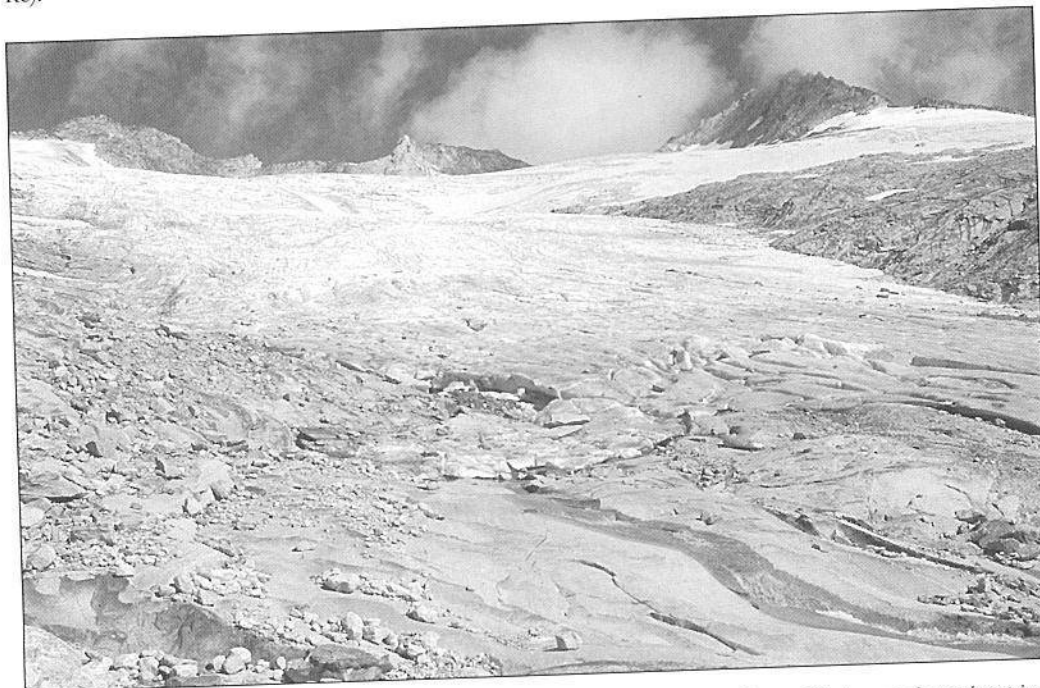


Foto 8: il settore inferiore della grande lingua del Ghiacciaio di Neves in progressiva e consistente riduzione areale e volumetrica. (1999, P.P. Degli Esposti).

**908 RIOTORBO**

1999.08.25

QMF.: 2675

Incremento lieve

E' stato posto un nuovo segnale al fine di migliorare il dettaglio dell'osservazione di questo ghiacciaio dal comportamento anomalo, l'unico dell'Alto Adige per il quale sia stato osservato un progresso pluriennale. In tal senso, uno dei fattori più importanti è certamente quello della copertura di neve residua, sovente di notevole consistenza. All'osservazione odierna, nonostante il rilievo sia un poco precoce, l'innervamento pare essere anche più esteso rispetto alle precedenti annate (70 % della superficie totale). *Snow-line*: 2700 m. (B. Plankensteiner, R. Da Rè, P. P. Degli Esposti).

Variazione media annua: + 3 m

**912 PREDOI**

1999.09.11

QMF.: 2450 (2510)

Decremento forte

Il progressivo assottigliamento del ghiaccio nel settore inferiore della lingua di ablazione produce un aumento della copertura morenica, particolarmente abbondante nella parte centrale, dove si osserva una corta ma consistente morena mediana. A sinistra, oltre i 2500 m di quota, un settore del ghiacciaio ancora collegato al corpo principale termina ora con una fronte propria, quasi del tutto ricoperta da un caotico ammasso di detriti morenici. Dal confronto fotografico con gli anni precedenti, appare evidente una sensibile diminuzione delle placche di nevato sul versante destro, quello sottostante la cresta che sale al Picco dei Tre Signori. *Snow-line*: 2800 m. (R. Da Rè, P. P. Degli Esposti).

Variazione media annua: - 15 m (1997)



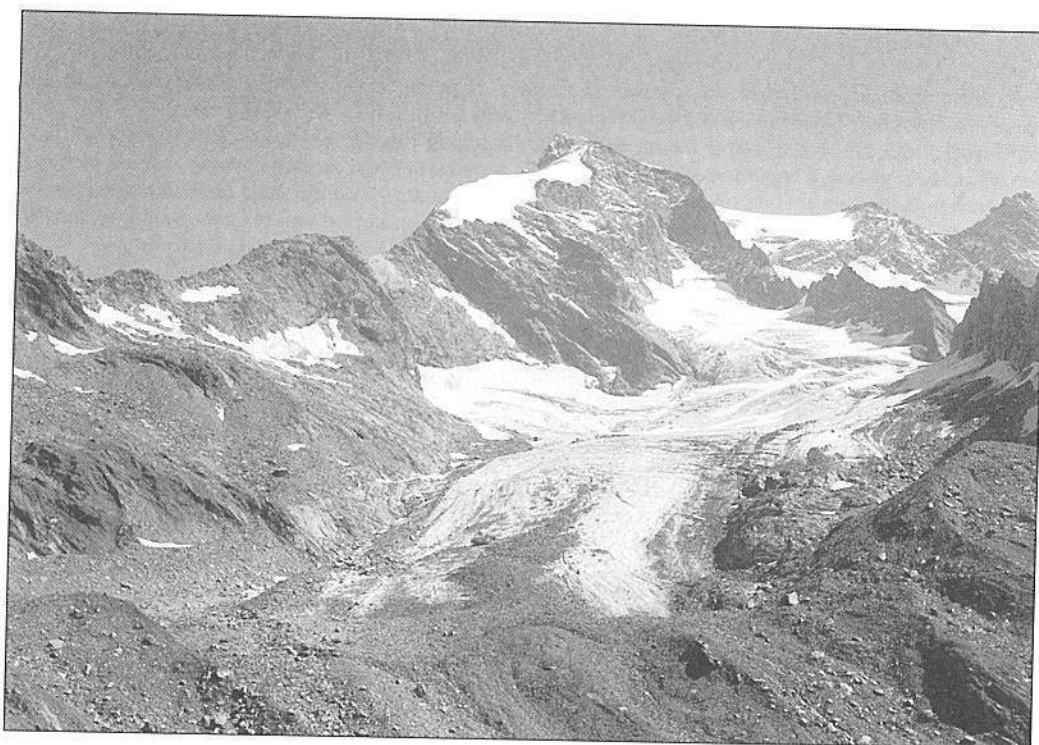


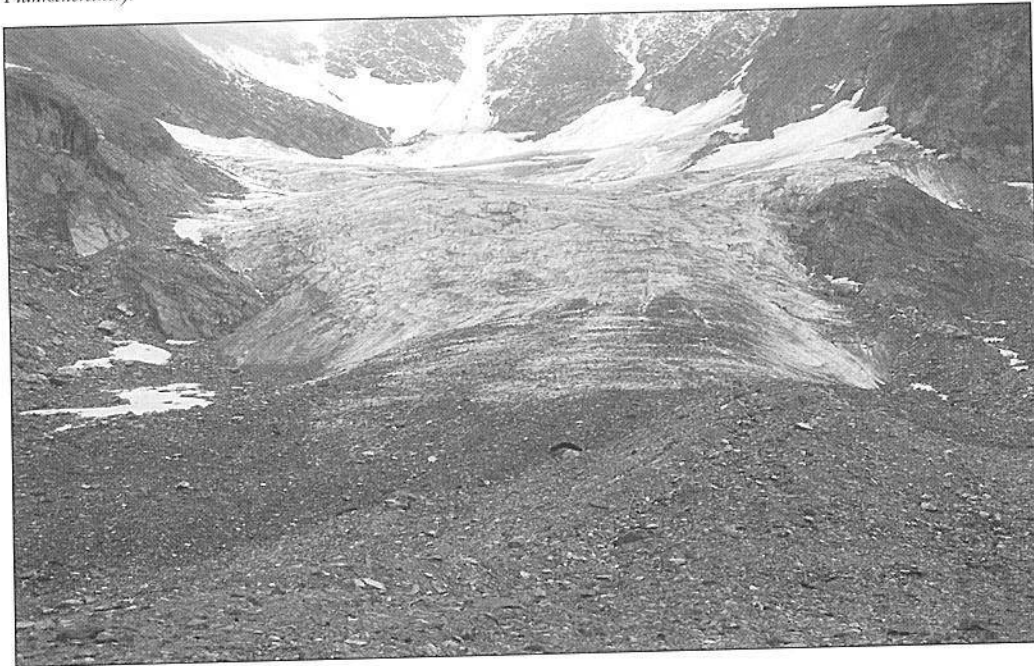
Foto 9: il Ghiacciaio di Predoi dai pressi del rifugio Tridentina (2440 m), dominato dal Picco dei Tre Signori. Appare evidente il cordone morenico riferibile alla fase più recente di espansione (1985). (1999, R. Da Re).

- 913 LANA** 1999.09.12 QMF.: 2250 Decremento lieve  
L'adozione di un telemetro laser si è dimostrata utile ai fini di una migliore precisione e indispensabile per alcune misurazioni altrimenti non effettuabili (laghetto proglaciale). Il settore inferiore del ghiacciaio è di indubbio interesse per la morfologia e lo sviluppo delle morene, specie quelle riferibili agli Anni Ottanta, assai ben conservate: tre edifici mediani, due dei quali confluenti nella massa di detriti che ricopre la fronte, caratterizzano il settore centro-meridionale della lingua. Il più modesto lobo di sinistra, che pur collegato alla lingua centrale termina con una fronte posta 50 m più in alto rispetto al punto inferiore, ospita un laghetto proglaciale. Va rilevato che l'osservazione a distanza consente di chiarire con buona approssimazione sia i limiti del ghiaccio attivo sepolto dal detrito sia quelli del ghiaccio morto, mentre la stessa operazione risulta assai difficoltosa lavorando in loco. In generale, la fase di ritiro del ghiacciaio pare essersi attenuata. *Snow-line*: > 2900 m. (R. Da Re).  
Variazione media annua: - 4 m
- 919 VALLE DEL VENTO** 1999.09.08 QMF.: 2458 Decremento lieve  
Il settore frontale presenta una abbondante copertura morenica. Pare ancor più accentuata la suddivisione della fronte in due marcati lobi laterali. La copertura di neve residua invernale è abbondante, soprattutto alla base dei due grandi canalini di alimentazione culminanti nelle forcelle di quota 3042 m (destra) e 3090 m (sinistra). *Snow-line*: 2900 m (B. Plankensteiner, P.P. Degli Esposti).  
Variazione media annua: - 9 m (1997)
- 920 ROSSO DESTRO** 1999.09.08 QMF.: 2480 Decremento moderato  
Dalla revisione delle misure frontali relative all'ultimo ventennio risulta una variazione complessiva di - 211 m (1981-1999). L'aspetto generale del ghiacciaio, e della fronte in particolare, è quello tipico di una fase di consistente riduzione. A causa del progressivo ritiro, la fronte si è andata suddividendo in due lobi, separati da un modesto sperone roccioso centrale. La notevole pendenza del letto roccioso su cui poggia la fronte favorisce il crollo di frammenti di ghiaccio. *Snow-line*: 2850 m (B. Plankensteiner, P. P. Degli Esposti).  
Variazione media annua: - 13,5 m (1997)



Foto 10: la lingua del Ghiacciaio di Lana è formata dalla coalescenza di tre diverse colate, il cui singolo contributo è evidenziato dalle morene mediane. Si nota il continuo argine morenico del 1985 e il suo rapporto con l'attuale posizione della fronte. Si osservi inoltre il forte ritiro del settore sinistro della lingua rispetto ai flussi centrale e di destra. (1999, R. Da Re).

Foto 11: sullo sfondo si distinguono i grandi conoidi di valanga che provvedono all'alimentazione della lingua del Ghiacciaio della Valle del Vento. La fronte è ingombra di materiale morenico, fatto che ne ostacola il preciso riconoscimento. (1999, B. Plankensteiner).



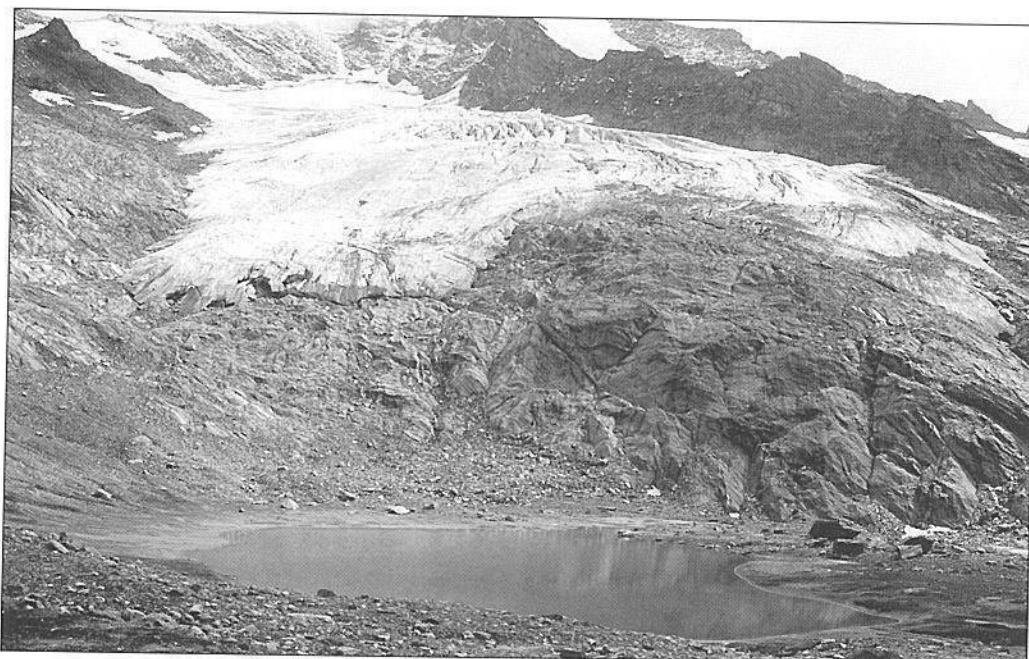


Foto 12: la fronte della Vedretta Rossa dal sentiero che sale al Giogo Lungo e all'omonimo rifugio. (1999, B. Plankensteiner)  
 Foto 13: la fronte del Ghiacciaio del Sassolungo che si presenta parzialmente ricoperta di materiale morenico. Sullo sfondo l'alta cresta del Collalto. (1999, B. Plankensteiner).



926    **OCCIDENTALE DI SASSOLUNGO**    1999.09.23    QMF.: 2535    Decremento lieve  
 Si rileva una abbondante copertura morenica della zona frontale; contorno inferiore del ghiaccio comunque  
 identificabile. *Snow-line*: 2950 m. (B. Plankensteiner, R. Da Rè).    Variazione media annua: - 6,5 m (1997)

## ITINERARIO DI VISITA n° 1.2000

### UN ROCK GLACIER FRANCESE

*Difficoltà:* E

*Dislivello in salita:* 660 m (2093 – 2755 m). Possibile estensione sino a 910 m (3000 m).

*Orari:* 2,15 h (0,45 h al Fort de Ronce, 1,45 h per il rock glacier, 2,15 h al Lac Clair). Altre 0,30 h per la fronte del Ghiacciaio di Lamet.

*Quota massima:* 2755 m (Lac Clair). Eventualmente: 3000 m (al ghiacciaio).

*Accesso:* da Torino, con l'autostrada della Val di Susa (A32, E70) fino a Susa; poi con la SS 25 del Moncenisio sino al confine italo-francese (Plaine de Saint Nicolas), poi in salita a le Grand-Croix e infine, costeggiando la sponda sinistra idrografica (destra salendo) del lago artificiale, sino al parcheggio di Plan de Fontainettes (in totale circa 28 km da Susa).

*Cartografia:* Carta dei sentieri e rifugi, n. 2, Istituto Geografico Centrale (Torino, 10121, via Prati 2); I.G.N., edizione Didier-Richard, n. 11, Vanoise, 1: 50.000.

Una bella e remunerativa passeggiata d'oltralpe, che permette di visitare un grande rock-glacier, probabilmente ancora attivo e dal comportamento assai particolare, sorpresa geologica in un paesaggio marcato dalla presenza di opere belliche di epoche diverse.

Lasciata l'auto al parcheggio di *Plan de Fontainettes* (2093 m), si attraversa la strada seguendo poi le indicazioni per *Le Fort de Ronce* (2294 m, 45 min), costruito tra il 1877 e il 1880 dal Regno d'Italia.



*Foto 1: il rock glacier della Point du Lamet attraversa, seppellendola per alcune decine di metri, la strada militare per il Lac Claire (luglio 1998, M. Lojacono).*



Una volta raggiunto il forte, si rimonta una lunga serie di prati e dossi erbosi, su tracce di sentiero, passando nei pressi di fortificazioni in cemento armato della Seconda Guerra Mondiale.

In questo tratto si tiene il lato a monte (a destra salendo), percorrendo i contrafforti occidentali della Pointe de Lamet (3504 m), seconda maggior elevazione del vallone dopo la Pointe de Ronce (3612 m), visibile verso Nord. Dopo poco si incontra la mulattiera che attraversa diagonalmente l'intera costa: va seguita sino al rock-glacier (2600 m, 1 h).

L'incontro con quest'ultimo è davvero suggestivo, in quanto la colata incrocia perpendicolarmente il tracciato, seppellendolo per alcune decine di metri (foto 1). Per proseguire, è quindi necessario aggirare il margine della colata: dalla parte opposta il sentiero riprende ben marcato. Il corpo del rock glacier, alto circa 15 m, termina una trentina di metri più a valle. Evidentemente, ai tempi della costruzione del sentiero, la sua fronte doveva porsi ben a monte di questo, a distanza di sicurezza: si può quindi ipotizzare che abbia percorso alcune decine di metri nei decenni trascorsi da allora. A questo proposito, si suppone che la mulattiera sia una strada di arroccamento, predisposta poco prima del 1940 allo scopo di consentire il rapido raggiungimento della postazione di batteria da montagna sita sulle rive del soprastante Lac Clair.

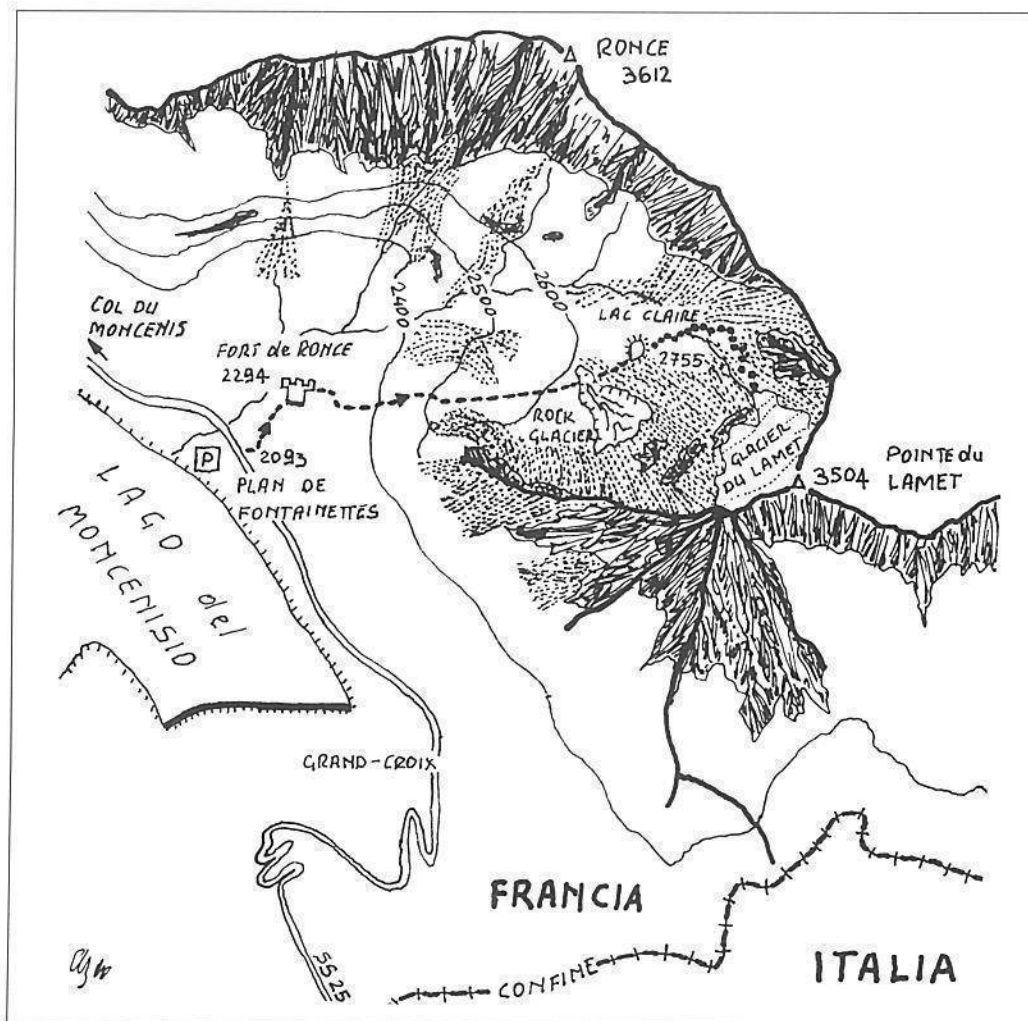


Fig. 1: confine italo-francese al Moncenis, vallone del Lamet e percorso dell'itinerario di visita 1.2000.



Se la nostra ricostruzione è attendibile, risulta che il rock glacier è avanzato con un ritmo annuo piuttosto rilevante, comunque compatibile con i valori di velocità massima di scorrimento (tra 0,5 e 1,5 m circa all'anno), per queste formazioni geologiche, che sono rinvenibili nella letteratura specifica di ambito alpino (Smiraglia, 1989, Guglielmin, 1997).

Del resto, l'intero versante della montagna, che ospita altre colate semoventi, appare molto dinamico: anche poco più sopra, nei pressi del Lac Clair (2755 m, 30 min.), il terreno appare smosso, ripiegato lungo la direzione di acclivio, come testimoniato dalla deformazione subita dalle opere di sistemazione e supporto della antica batteria di artiglieria.

In effetti, non ricordiamo un altro sito dove un manufatto alpino moderno sia stato demolito da un rock glacier: un caso certamente raro.

Per completare l'escursione si consiglia di risalire, a monte del lago, il sentiero marcato che prosegue in direzione della Point de Lamet: dopo circa mezz'ora si incontrano i segnali di misura dell'omonimo ghiacciaio (alcuni di questi sono degli Anni Sessanta), posti a breve distanza dalla posizione attuale della fronte (3000 m circa). Appare evidente come il ritiro del ghiacciaio sia stato, fino a oggi, assai contenuto. (Maurizio Lojacono).

## BIBLIOGRAFIA

- Guglielmin M. (1997) – *Il permafrost alpino*, Quaderni di geodinamica alpina e quaternaria, Milano.  
Smiraglia C. (1989) – *Misure di velocità superficiale al rock glacier orientale di Val Pisella (Gruppo del Cevedale, Alta Valtellina)*, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 12, pp. 41-44, Torino.

## ABSTRACT

Il versante nord-occidentale de la Point du Lamet (Alpi Cozie) ospita un rock glacier, probabilmente attivo, che ha seppellito per un breve tratto un manufatto bellico della Seconda Guerra mondiale. Secondo una prima ricostruzione, la velocità di scorrimento del rock glacier è elevata, compatibile con i valori massimi suggeriti dalla letteratura specifica.

Parole chiave: *rock glacier attivo, velocità di scorrimento.*

The north-west slope of la Point du Lamet (Cottian Alps) has a rock glacier, which is probably active, burying a small part of a war-manufacture of the Second World War. According to the first reconstruction, the sliding speed of the rock glacier is high, which sticks to the maximum values indicated by the specific publications.

Key words: *active rock glacier, sliding speed.*

Sur le versant Nord-Ouest de la Point du Lamet (Alpes Cottiennes) il y a un *rock glacier* probablement actif, qui a partiellement enterré un ouvrage de la Seconde Guerre Mondiale. D'après une première reconstruction, son glissement est très fort, par rapport aux données maximales de la littérature spécifique.

Mots clés: *rock glacier actif, vitesse d'écoulement*

Auf dem Nord-West Hang von la Point du Lamet (Kottischen Alpen) findet man einen Rockgletscher, der wahrscheinlich aktiv ist und einen Teil einer Kriegsmanufakturware vom Zweiten Weltkrieg bedeckt hat. Nach der Rekonstruktion ist die Gleitengeschwindigkeit des Rockgletschers hoch, wie auch die höchsten Werten der spezifischen Literatur bestätigen.

Schlüsselwörter: *aktiver Rockgletscher, Gleitengeschwindigkeit.*

# RASSEGNA GLACIOLOGICA INTERNAZIONALE

(a cura di Claudio Smiraglia)

La rassegna contiene i contributi scientifici internazionali in materia di glaciologia e scienze applicative connesse pubblicati nell'anno precedente a quello di uscita del presente numero di *Terra Glaciális*. Vengono inoltre fornite informazioni sintetiche su incontri e convegni di interesse glaciologico di prossima effettuazione. In base a una precisa scelta editoriale, sono esclusi i lavori inerenti lo studio delle valanghe.

## 1 - EVENTI – Symposia and workshops

### *Anno 2000*

- 21-25 agosto, Second International Conference on Mars Polar Science and Exploration, Reykjavik, Iceland, T. Thorsteinsson, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, P.O. Box 12 01 61, D-27515 Bremerhaven, Germany (Tel [49](471)4831-363, Fax [49](471)4831-149; tthorste@awibremerhaven.de; <http://www.lpi.usra.edu/meetings/polar2000>)
- 13-15 settembre, International workshop on Debris-Covered Glaciers, University of Washington, Seattle, Washington USA M. Nakawo, Institute for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Nagoya University, Furo-cho Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan (Tel. [81](52)789-3477; Fax [81](52)789-3436; nakawo@ihas.nagoya-u.ac.jp; <http://snowman.ihas.nagoya-u.ac.jp/Research/DebrisWS/1stecr.html>)

### *Anno 2001*

- 4-8 giugno, International Symposium on Remote Sensing in Glaciology, College Park, Maryland, USA. Secretary General, International Glaciological Society, Lensfield Road, Cambridge CB2 1ER, UK ([www.spri.cam.ac.uk/igs/home.htm](http://www.spri.cam.ac.uk/igs/home.htm))
- 23-27 luglio, Physics and Chemistry of Ice, University of Kent, Canterbury, England. J. Dore & V. Nield (Fax [44](1227)827558; peice@ukc.ac.uk; <http://kiwi.ukc.ac.uk/physics/events.html>)
- 10-23 agosto, Kangerlussuaq (Greenland): International Symposium on ice cores and climate (International Glaciological Society).
- 19-23 agosto, International Symposium on Ice Cores and Climate, Kangerlussuaq, Greenland. Secretary General, International Glaciological Society, Lensfield Road, Cambridge CB2 1ER, UK ([www.spri.cam.ac.uk/igs/home.htm](http://www.spri.cam.ac.uk/igs/home.htm)).

### *Anno 2002*

- agosto / settembre, International Symposium on Modelling Physical and Mechanical Processes in Ice, France; Secretary General, International Glaciological Society, Lensfield Road, Cambridge CB2 1ER, UK ([www.spri.cam.ac.uk/igs/home.htm](http://www.spri.cam.ac.uk/igs/home.htm)).

## 2 - BIBLIOGRAFIA GLACIOLOGICA – Glaciological references

### ANNO 1999

#### *Annals of Glaciology - Vol. 28, 1999*

- Ralf Greve, Karl-Heinz Wyrwoll and Anton Eisenhauer** - Deglaciation of the Northern Hemisphere at the onset of the Eemian and Holocene.
- Ingmar Borgstrom** - Basal ice temperatures during late Weichselian deglaciation: a comparison of landform assemblages in west-central Sweden.
- Peter Jansson, Cecilia Richardson and Stig Jonsson** - Assessment of requirements for cirque formation in northern Sweden.
- Chris D. Clark** - Glaciodynamic context of subglacial bedform generation and preservation.
- Ian S. Evans** - Was the cirque glaciation of Wales time-transgressive, or not?
- Weston Blake, Jr.** - Glaciated landscapes along Smith Sound, Ellesmere Island, Canada and Greenland.
- Alan E. Kehew, Linda P. Nicks and W. Thomas Straw** - Palimpsest tunnel valleys: evidence for relative timing of advances in an interlobate area of the Laurentide ice sheet.
- C. J. Patterson and T.J. Boerboom** - The significance of pre-existing, deeply weathered crystalline rock in interpreting the effects of glaciation in the Minnesota River valley, U.S.A.
- Jane K. Hart** - Identifying fast ice flow from landform assemblages in the geological record: a discussion.
- Chris R. Stokes and Chris D. Clark** - Geomorphological criteria for identifying Pleistocene ice streams.
- David J. A. Evans and Brice R. Rea** - Geomorphology and sedimentology of surging glaciers: a land-systems approach.
- A. J. Payne and D.J. Baldwin** - Thermomechanical modelling of the Scandinavian ice sheet: implications for ice-stream formation.
- S. J. Klüving, L. R. Bartek and F. M. van der Wateren** - Multi-scale analyses of subglacial and glaciomarine deposits from the Ross Sea continental shelf, Antarctica.
- Brice R. Rea, W. Brian Whalley, Toni S. Dixon and John E. Gordon** - Plateau icefields as contributing areas to valley

- glaciers and the potential impact on reconstructed ELAs: a case study from the Lyngen Alps, North Norway.
- Derek Fabel and Jon Harbor** - The use of in-situ produced cosmogenic radionuclides in glaciology and glacial geomorphology.
- A. Khatwa, J. K. Hart and A. J. Payne** - Grain textural analysis across a range of glacial facies.
- M. Nakawo, H. Yabuki and A. Sakai** - Characteristics of Khumbu Glacier, Nepal Himalaya: recent changes in the debris-covered area.
- Manuela Pelfini** - Dendrogeomorphological study of glacier fluctuations in the Italian Alps during the Little Ice Age.
- Chiara Vanuzzo and Manuela Pelfini** - Assessing area and volume changes from deglaciated areas, Valle d'Aoste, Italy.
- Hanns Kerschner, Susan Ivy-Ochs and Christian Schliichter** - Paleoclimatic interpretation of the early Late-glacial glacier in the Gschnitz valley, central Alps, Austria.
- Rudolf Sailer and Hanns Kerschner** - Equilibrium-line altitudes and rock glaciers during the Younger Dryas cooling event, Ferwall Group, western Tyrol, Austria.
- Clas Hattestrand, Dermot Goodwillie and Johan Kleman** - Size distribution of two cross-cutting drumlin systems in northern Sweden: a measure of selective erosion and formation time length.
- Mats Olmo, Karna Lidmar-Bergström and Goran Lindberg** - The glacial impact on an exhumed sub-Mesozoic catchment surface in southwestern Sweden.
- Jasper Knight, Stephen G. McCarron and A. Marshall McCabe** - Landform modification by palaeo-ice streams in east-central Ireland.
- Krister Jansson and Johan Kleman** - The horned crag-and-tails of the Ungava Bay landform swarm, Quebec-Labrador, Canada.
- Mandy J. Munro-Stasiuk** - Evidence for water storage and drainage at the base of the Laurentide ice sheet, south-central Alberta, Canada.
- P. Thompson Davis, Paul R. Bierman, Kimberly A. Marsella, Marc W. Caffee and John R. Southon** - Cosmogenic analysis of glacial terrains in the eastern Canadian Arctic: a test for inherited nuclides and the effectiveness of glacial erosion.
- Johan Kleman, Clas Hattestrand and Anders Clarhall** - Zooming in on frozen bed patches: scale dependent controls on Fennoscandian ice sheet basal thermal zonation.
- C. O Cofaigh, D. S. Lemmen, D. J. A. Evans and J. Bednarski** - Glacial landform-sediment assemblages in the Canadian High Arctic and their implications for late Quaternary glaciation.
- Anders Clarhall and Johan Kleman** - Distribution and glaciological implications of relict surfaces on the Ultevis plateau, northwestern Sweden.
- Mark Skidmore and Martin Sharp** - Drainage system behaviour of a High-Arctic polythermal glacier.
- Richard Hodgkins, Jon Ove Hagen and Svein-Erik Hamran** - 20th century mass balance and thermal regime change at Scott Turnerbreen, Svalbard.
- Richard C. A. Hindmarsh** - Coupled ice-till dynamics and the seeding of drumlins and bedrock forms.
- Max Maisch, Wilfried Haeblerli, Martin Hoelzle and Jorg Wenzel** - Occurrence of rocky and sedimentary glacier beds in the Swiss Alps as estimated from glacier-inventory data.
- Sean J. Fitzsimons, Kevin J. McManus and Reginald D. Lorrain** - Structure and strength of basal ice and substrate of a dry-based glacier: evidence for substrate deformation at sub-freezing temperatures.
- Urs H. Fischer and Bryn Hubbard** - Subglacial sediment textures: character and evolution at Haut Glacier d'Arolla, Switzerland.
- G. Hilmar Gudmundsson, Andreas Bauder, Martin Luthi, Urs H. Fischer and Martin Funk** - Estimating rates of basal motion and internal ice deformation from continuous tilt measurements.
- Regine Hock, Almut Iken and Alexander Wängler** - Tracer experiments in moulins and boreholes observations in the overdeepening of Aletschgletscher, Switzerland.
- Staci L. Ensminger, Edward B. Evenson, Grahame J. Larson, Daniel E. Lawson, Richard B. Alley and Jeffrey C. Strasser** - Preliminary study of laminated, silt-rich debris bands: Matanuska Glacier, Alaska, U.S.A.
- Jon Denner, Daniel E. Lawson, Grahame J. Larson, Edward B. Evenson, Richard B. Alley, Jeffrey C. Strasser and Sarah Kopczynski** - Seasonal variability in hydrologic-system response to intense rain events, Matanuska Glacier, Alaska.
- A. Bouzette and R. Souchez** - Katabatic wind influence on meltwater supply to fuel glacier-substrate interactions at grounding line, Terra Nova Bay, East Antarctica.
- R. D. Lorrain, S. J. Fitzsimons, M. J. Vandergoes and M. Stevenard** - Ice composition evidence for the formation of basal ice from lake water beneath a cold-based Antarctic glacier.
- Jean Braun, Dan Zwartz and Jonathan H. Tomkin** - A new surface-processes model combining glacial and fluvial erosion.
- Journal of Glaciology - Vol. 45, No. 149*
- Wilfried Haeblerli, Andreas Kaab, Stephan Wagner, Daniel Vonder Muehl, Patricia Geissler, Jean Nicolas Haas, Holger Glatzel-Mattheier and Dietmar Wagenbach** - Pollen analysis and <sup>14</sup>C age of moss remains in a permafrost core recovered from the active rock glacier Murtèl-Corvatsch, Swiss Alps: geomorphological and glaciological implications.
- Mark B. Dyurgerov and David B. Bahr** - Correlations between glacier properties: finding appropriate parameters for global glacier monitoring.
- David B. Bahr and Mark Dyurgerov** - Characteristic mass-balance scaling with valley glacier size
- F. Pauer, J. Kipfstuhl, W. F. Kuhs and H. Shoji** - Air clathrate crystals from the GRIP deep ice core: a number-, size-

and shape-distribution study

- Neal R. Iverson, Robert W. Baker, Roger LeB. Hooke, Brian Hanson and Peter Jansson** - Coupling between a glacier and a soft bed. I. A relation between effective pressure and local shear stress determined from till elasticity.
- N. R. Iverson** - Coupling between a glacier and a soft bed. II. Model results.
- Jane K. Hart and Richard I. Waller** - An investigation of the debris-rich basal ice from Worthington Glacier, Alaska, U.S.A.
- Konrad Steffen, Waleed Abdalati and Isabelle Sherjal** - Faceted crystal formation in the northeast Greenland low-accumulation region.
- Michael J. Hambrey, Matthew R. Bennett, Julian A. Dowdeswell, Neil F. Glasser and David Huddart** - Debris entrainment and transfer in polythermal valley glaciers.
- Syed Iqbal Hasnain and Renoj J. Thayyen** - Controls on the major-ion chemistry of the Dokriani glacier meltwaters, Ganga basin, Garhwal Himalaya, India.
- Remi Michel and Eric Rignot** - Flow of Glaciar Moreno, Argentina, from repeat-pass Shuttle Imaging Radar images: comparison of the phase correlation method with radar interferometry.
- Regine Hock** - A distributed temperature-index ice- and snowmelt model including potential direct solar radiation.
- M. R. Bhutiyani** - Mass-balance studies on Siachen Glacier in the Nubra Valley, Karakorum Himalaya, India.
- Matt Nolan and Keith Echelmeyer** - Seismic detection of transient changes beneath Black Rapids Glacier, Alaska, U.S.A.: I. Techniques and observations.
- Matt Nolan and Keith Echelmeyer** - Seismic detection of transient changes beneath Black Rapids Glacier, Alaska, U.S.A.: II. Basal morphology and processes.
- Richard B. Alley and Joan J. Fitzpatrick** - Conditions for bubble elongation in cold ice-sheet ice.
- C. David Chadwell** - Reliability analysis for design of stake networks to measure glacier surface velocity.
- Gwenn E. Flowers and Garry K; C. Clarke** - Surface and bed topography of Trapridge Glacier, Yukon Territory, Canada: digital elevation models and derived hydraulic geometry.

*Journal of Glaciology - Vol. 45, No. 150*

- Suzanne Prestrud Anderson, Katherine M. H. Fernald, Robert S. Anderson and Neil F. Humphrey** - Physical and chemical characterization of a spring flood event, Bench Glacier, Alaska, U.S.A.: evidence for water storage.
- D. M. McClung and Jürg Schweizer** - Skier triggering, snow temperatures and the stability index for dry-slab avalanche initiation.
- E. M. Shoemaker** - Subglacial water-sheet floods, drumlins and ice-sheet lobes.
- Elisabeth C. Pasteur and Robert Mulvaney** - Laboratory study of the migration of methane sulphonate in firn.
- G. Hilmar Gudmundsson** - A three-dimensional numerical model of the confluence area of Unteraargletscher, Bernese Alps, Switzerland.
- Ian Joughin, Mark Fahnestock, Ron Kwok, Prasad Gogineni and Chris Allen** - Ice flow of Humboldt, Petermann and Ryder Gletscher, northern Greenland.
- P. Bartelt, B. Salm and U. Gruber** - Calculating dense-snow avalanche runout using a Voellmy- fluid model with active/passive longitudinal straining.
- Marc Delmotte, Dominique Raynaud, Vin Morgan and Jean Jouzel** - Climatic and glaciological information inferred from air-content measurements of a Law Dome (East Antarctica) ice core.
- Lorne W. Gold** - Statistical characteristics for the strain-dependent density and the spatial position for deformation-induced cracks in columnar grain ice.
- Glen E. Liston, Jan-Gunnar Winther, Oddbjorn Bruland, Hallgeir Elvehoj and Knut Sand** - Below-surface ice melt on the coastal Antarctic ice sheet.
- Thomas Schneider** - Water movement in the firn of Storglaciaren, Sweden.
- Michiel R. Van den Broek, Jan-Gunnar Winther, Elisabeth Isaksson, Jean Francis Pinglot, Lars. Karlof, Trond Eiken and Louk Conrads** - Climate variables along a traverse line in Dronning Maud Land, East Antarctica.
- Christopher J. Keylock, Da Vid M. McClung and Magnus Mar Magnusson** - Avalanche risk mapping by simulation.
- Martin O. Jeffries, Tinjun Zhang, Karoline Frey and Niak Kozlenko** - Estimating late-winter heat flow to the atmosphere from the lake-dominated Alaskan North Slope.
- Richard R. Forster, Eric Rignot, Bryan L. Isacks and Kenneth C. Jezek** - Interferometric radar observations of Glaciares Europa and Penguin, Hielo Patagonico Sur, Chile
- Thorstur Thorsteinsson, E. D. Waddington, K. C. Taylor, R. B. Alley and D. D. Blankenship** - Strain-rate enhancement at Dye 3, Greenland.
- A. K. Singh** - An investigation of the thermal conductivity of snow.
- Urs Fischer, Garry K. C. Clarke and Heinz Blatter** - Evidence for temporally varying "sticky spots" at the base of Trapridge Glacier, Yukon Territory, Canada.
- K. A. Echelmeyer and W. D. Harrison** - Ongoing margin migration of Ice Stream B, Antarctica.
- Kim Morris, Shusun Li and Martin Jeffries** - Meso- and micro-scale sea ice motion in the East Siberian Sea as determined from ERS-1 SAR data.
- C. Mayer and P. Huybrechts** - Ice-dynamic conditions across the grounding zone, Ekstromisen, East Antarctica.

*Correspondence*

- T. Kameda, H. Yoshimi, N. Azuma and H. Motoyama** - Observation of "yukimarimo" on the snow surface of the inland plateau, Antarctic ice sheet.

- J. Oerlemans - Comments on "Mass balance of glaciers other than the ice sheets" by J. Graham Cogley and W.P. Adams  
**J. Graham Cogley and W. P. Adams** - Reply to comments by J. Oerlemans on "Mass balance of glaciers other than the ice sheets" by J. Graham Cogley and W.P. Adams.  
 H. Slupetzky - Comments on "Mass balance of glaciers other than the ice sheets" by J. Graham Cogley and W.P. Adams.  
**J. Graham Cogley and W. P. Adams** - Reply to comments by H. Slupetzky on "Mass balance of glaciers other than the ice sheets" by J. Graham Cogley and W.P. Adams.  
**Johannes Kriiger and James S. Aber** - Formation of supraglacial sediment accumulations on Kotlujokull, Iceland.  
**Alan Wells** - Whirled patterns in thawing snow.

*Journal of Glaciology - Vol. 45, No. 151*

- Richard Kattelmann and Jeff Dozier** - Observations of snowpack ripening in the Sierra Nevada.  
**P. M. Melanson, I. L. Meglis, I. J. Jordaan and B. M. Stone** - Microstructural change in ice: I. Constant-deformation-rate tests under triaxial stress conditions.  
**I. L. Meglis, P. M. Melanson and I.J. Jordaan** - Microstructural change in ice: II. Creep behavior under triaxial stress conditions.  
**K. J. Muggerridge and I.J. Jordaan** - Microstructural change in ice: III. Observations from an ice-berg impact zone.  
**Roger J. Braithwaite and Yu Zhang** - Relationships between interannual variability of glacier mass balance and climate.  
**Elisabeth Schlosser** - Effects of seasonal variability of accumulation on yearly mean  $\delta^{18}\text{O}$  values in Antarctic snow.  
**Y. Durand, G. Giraud, E. Brun, L. Merindol and E. Martin** - A computer-based system simulating snowpack structures as a tool for regional avalanche forecast.  
**R. Staroszczyk and O. Gagliardini** - Two orthotropic models for strain-induced anisotropy of polar ice.  
**M. Truffer, R. J. Motyka, W. D. Harrison, K. A. Echelmeyer, B. Fisk and S. Tulaczyk** - Subglacial drilling at Black Rapids Glacier, Alaska, U.S.A.: drilling method and sample descriptions.  
**A. C. Fowler** - Breaking the seal at Grimsvotn.  
**Hou Shugui, Qin Dahe, Paul A. Mayewski, Yang Qinzhaoh, Ren Jiawen, Li Zhongqin and Xiao Cunde** - Climatological significance of  $\delta^{18}\text{O}$  in precipitation and ice cores: a case study at the head of Urumqi River, Tien Shan, China.  
**J. C. Moore, A. Palli, F. Ludwig, H. Blatter, J. Jania, B. Gadek, P. Glowacki, D. Mochnacki and E. Isaksson** - High-resolution hydrothermal structure of Hansbreen, Spitsbergen mapped by ground-penetrating radar.  
**Niels Rech, Soren Norvang Madsen and Johan Jakob Mohr** - Combining SAR interferometry and the equation of continuity to estimate the three-dimensional glacier surface-velocity vector.  
**Jennifer Clarke and David McClung** - Full-depth avalanche occurrences caused by snow gliding, Coquihalla, British Columbia, Canada.  
**Michel Gay and Jerome Weiss** - Automatic reconstruction of polycrystalline ice microstructure from image analysis: application to the EPICA ice core at Dome Concordia, Antarctica.  
**Glòria Furdada, Pere Martinez, Pere Oller, Joan Manuel Vilaplana** - Slushflows at El Port del Comte, northeast Spain.  
**Rijan Bhakta Kayastha, Tetsuo Ohata and Yutaka Ageta** - Application of a mass-balance model to a Himalayan glacier.  
**Richard C. A. Hindmarsh** - On the numerical computation of temperature in an ice sheet Instruments and Methods.  
*Instruments and Methods*  
**Andreas Kaab and Martin Funk** - Modelling mass balance using photogrammetric and geo physical data: a pilot study at Griesgletscher, Swiss Alps.  
*Correspondence*  
**Hou Shugui, Qin Dahe, Calneron P. Wake and Paul A. Mayewski** - Abrupt decrease in recent snow accumulation at Mount Qomolangma (Everest), Himalaya.  
*Review*  
**Richard C. A. Hindmarsh** - Hooke, R. LeB. 1998. Principles of glacier mechanics.

*Global and Planetary Change - Vol. 22, No. 1-4, ottobre 1999*

- A. G. Fountain, K. J. Lewis, P. T. Doran** - Spatial climatic variation and its control on glacier equilibrium line altitude in Taylor Valley, Antarctica.  
**M. P. Kirkbride, C. R. Warren** - Tasman Glacier, New Zealand: 20<sup>th</sup> century thinning and predicted calving retreat.  
**B. L. Hooker, S. J. Fitzsimons, R. K. Morgan** - Chemical characteristics and origin of clear basal ice facies in dry-based glaciers, South Victoria Land, Antarctica.  
**B. L. Hooker, B. B. Fitzharris** - The correlations between climatic parameters and the retreat and advance of Franz Josef Glacier, New Zealand.  
**P. Wagnon, P. Ribstein, G. Kaser, P. Berton** - Energy balance and runoff seasonality of a Bolivian glacier.  
**C. Warren, M. Aniya** - The calving glaciers of southern South America.  
**J. Purdie, B. Fitzharris** - Processes and rates of ice loss at the terminus of Tasman Glacier, New Zealand.  
**G. Kaser** - A review of the modern fluctuations of tropical glaciers.  
**K. J. Lewis, A. G. Fountain, G.L. Dana** - How important is terminus cliff melt? A study of a Canada Glacier terminus, Taylor Valley, Antarctica.  
**C. Schneider** - Energy balance estimates during the summer season of glaciers of the Antarctic Peninsula.



- E. R. Venteris** - Rapid tidewater glacier retreat: a comparison between Columbia Glacier, Alaska and Patagonian calving glaciers.
- A. G. Klein, B. L. Isacks** - Spectral mixture analysis of Landsat thematic mapper images applied to the detection of the transient snowline on tropical Andean glaciers.
- T. J. Chinn** - New Zealand glacier response to climate change of the past 2 decades.
- J. C. Leiva** - Recent fluctuations of the Argentinian glaciers.
- J. P. Milana, A. Maturano** - Application of Radio Echo Sounding at the arid Andes of Argentina: the Agua Negra Glacier.
- Artic, Antartic, and Alpine Research - Vol. 31, No. 2 - Maggio 1999*
- Masamu Aniya** - Recent glacier variations of the Hielos Patagonicos, South America, and contribution to sea-level change.
- Grant R. Bigg** - An estimate of the flux of iceberg calving from Greenland.
- Artic, Antartic, and Alpine Research - Vol. 31, No. 3 - Agosto 1999*
- Niels Tvis Knudsen, Bent Hasholt** - Radio-echo sounding at the Mittivakkat Gletscher, South-east Greenland.
- The Swiss Glaciers - 1993/94 and 1994/95 - Glaciological Report No. 115/116*  
Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS) and Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology at the Federal Institute of Technology (VAW/ETHZ).
- The Swiss Glaciers - 1995/96 and 1996/97 - Glaciological Report No. 117/118*  
Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS) and Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology at the Federal Institute of Technology (VAW/ETHZ).
- Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni (Università degli Studi di Milano)*
- M. Caccianiga** - Colonizzazione della vegetazione sulle morene oloceniche dei ghiacciai di Vazzeda e Cima di Rosso Est.
- N. Cannone** - Vegetazione e dinamica dei Rock Glacier durante l'olocene in Valtellina (Italia).
- A. Carminati, G. Cola, M. Pelfini, C. Smiraglia** - Ritrovamento di un tronco di pino cembro in Valfurva (Alta Valtellina) come possibile testimonianza degli eventi estremi associati alla Piccola Età Glaciale.
- L. Folladori** - Come i ghiacciai della Valmalenco hanno registrato le variazioni climatico-ambientali. Può il ghiaccio conservare informazioni sulla chimica dell'atmosfera?
- M. Guglielmin, F. Dramis** - La ricerca sul permafrost nelle Alpi italiane.
- V. Maggi** - Variazioni del particolato atmosferico minerale dall'Emiano all'Ultimo Massimo Glaciale, nella carota di ghiaccio GRIP (Groenlandia).
- G. Orombelli, P. Deline** - I depositi lacustri olocenici del Vallone della Lex Blanche (Courmayeur, Aosta).
- B. Parisi** - Intorno ad una datazione isotopica di reperti vegetali provenienti dal talweg della "Conca di Sténico" (Giudicarie Esteriori, Trentino Occidentale).
- M. Pecci, C. Smiraglia, M. D'Orefice, R. Ventura** - Il Ghiacciaio del Calderone (Gran Sasso d'Italia, Appennino Centrale): condizioni climatiche e bilancio di massa 1995-97.
- M. Pelfini** - La Piccola Età Glaciale e la sua registrazione negli archivi naturali (alcuni esempi nelle Alpi italiane).
- R. Barbero Sarandrei, E. Binaghi, C. Galli, R. Rabagliati, A. Rampini** - Le Vedrette di Ries (Alpi Pusteresi) nell'immagine Landsat TM del 24 settembre 1991.
- C. Vanuzzo** - Valutazione del ritiro areale e volumetrico della Piccola Età Glaciale ad oggi per i ghiacciai posti alla testata della Valpelline e della Valtournenche (Valle d'Aosta).
- Terra Glacialis - No. 2, 1999*
- C. Smiraglia** - Peculiarità della glaciologia antartica.
- G. Catasta** - Un "calderone del ghiacciaio" in Valmalenco.
- C. Lonardo** - Estate 1998: l'evoluzione della fronte del Ghiacciaio di Rasica Est.
- S. D'Adda** - Il glacialismo attuale in Val Seriana (Alpi Orobie).
- A. Bellet, F. De Martín, L. Trada** - Terra glacialis ... al "finis terrae", Patagonia celebrativa: il Ghiacciaio Perito Moreno.
- A. Galluccio, L. Bonardi, S. D'Adda, G. Cola, L. Bonetti** (a cura del Servizio Glaciologico Lombardo e del Centro Nivo-meteor. Regionale di Bormio) - Anno idrologico 1997-1998: nota nivo-meteorologica nelle Alpi Centrali italiane.
- Servizio Glaciologico Lombardo** (autori vari) - Campagna glaciologica 1998, settore Alpi Centrali italiane.
- Servizio Glaciologico Alto Adige** (C.A.I.) (a cura di F. Secchieri) - Campagna glaciologica 1998, settore Alto Adige.
- H. Hagedorn, E. Samuel-Eckerle** - Le recenti oscillazioni dei ghiacciai tedeschi.
- Neve e Valanghe - No. 38, dicembre 1999*
- A. Galluccio, G. Cola, L. Bonardi, S. D'Adda, M. Butti, G. Elli, C. Lonardo** - Evoluzione dell'accumulo nevoso nel bacino collettore: un contributo integrativo al monitoraggio delle variazioni dei ghiacciai alpini.
- Nimbus - No. 15-16 (gennaio - giugno 1997), 1999*
- E. Armando, L. Mercalli, C. Castellano** - I ghiacciai delle Alpi occidentali nel 1995 e 1996: riduzione modesta.



TERRA GLACIÁLIS  
Anno III

INDICE – Contents

	Pagina
GALLUCCIO A. – <i>Editoriale</i> .....	7
MEMORIE E NOTE	
BONARDI L. – <i>Le cause climatiche del maximum glaciale del periodo 1815-1820 nelle Alpi lombarde: un'ipotesi qualitativa</i> .....	9
HOMLUND P. – <i>Ghiacciai in Scandinavia - Glaciers in Scandinavia</i> .....	23
SECCHIERI F. – <i>La situazione del glacialismo in Val Martello (Ortles-Cevedale) nel 1999.</i> .....	33
COLA G., GALLUCCIO A. – <i>Ottobre 1999: il crollo della fronte pensile del Ghiacciaio del Palon de la Mare (Ortles-Cevedale lombardo)</i> .....	65
CATASTA G. – <i>Ghiacciaio di Fellaria Ovest (Bernina italiano); evoluzione del "calderone del ghiacciaio"</i> .....	75
MONITORAGGI	
GALLUCCIO A., ALMASIO A., BONETTI L., BONARDI L., D'ADDA S., COLA G., BUTTI M., LONARDO C., ELLI G., MERALDI E., BERBENNI F. (Servizio Glaciologico Lombardo e Centro Nivo-meteorologico Regionale di Bormio) – <i>Anno idrologico 1998-1999: nota nivo-meteorologica nelle Alpi Centrali italiane</i> .....	79
SERVIZIO GLACIOLOGICO LOMBARDO – <i>Campagna glaciologica 1999, settore Alpi Centrali italiane</i> .....	92
SERVIZIO GLACIOLOGICO ALTO ADIGE (C.A.I.) – <i>Campagna glaciologica 1999, settore Alto Adige</i> (a cura di F. Secchieri) .....	139
ITINERARI DI VISITA	
Itinerario N° 1.2000: Un rock glacier francese (M. Lojacono) .....	153
RASSEGNA GLACIOLOGICA INTERNAZIONALE	
ANNO 1999 - <i>Eventi e bibliografia</i> (a cura di C. Smiraglia) .....	156

☒ Abstract: italiano, english, français, deutsch