

GIANLUIGI FRANCHI (\*) & GIANCARLO ROSSI (\*\*)

## BILANCIO DI MASSA DELLA VEDRETTA PENDENTE-HANGENDERFERNER (ALPI BREONIE, ALTO ADIGE) NEL TRIENNIO DAL 1995/96 AL 1997/98

**ABSTRACT:** FRANCHI G. & ROSSI GC., *The Vedretta Pendente-Hangenderferner (Stubai Alps, Sud Tyrol, Italy) mass balance measurements in the three year period from 1995/96 to 1997/98.* (IT ISSN 0391-9838, 2001).

After three years since the beginning of the mass balance measurements on the Vedretta Pendente-Hangenderferner some considerations may be drawn, by confirming the retreating phase undergone by this glacier as well, the  $b_n$  / ELA relations of both the Vedretta Pendente and other neighbouring glaciers have been examined, the average thickness of ice melted during the three years' period has been evaluated in about 5 m on the tongue and its elevation gradient value resulted consistent with the other alpine glacier ones.

**KEY WORDS:** Mass balance, Direct method, Vedretta Pendente, Central Alps.

**RIASSUNTO:** FRANCHI G. & ROSSI GC., *Bilancio di massa della Vedretta Pendente-Hangenderferner (Alpi Breonie, Alto Adige) nel triennio dal 1995/96 al 1997/98.* (IT ISSN 0391-9838, 2001).

Vengono presentati risultati e considerazioni relativi ai primi tre anni di bilancio di massa sulla Vedretta Pendente. Viene confermata anche per questo ghiacciaio la fase recessiva, si esaminano le relazioni  $b_n$  / ELA con quelle di altri ghiacciai della regione, si evidenzia un valore cumulato di riduzione dello spessore di ghiaccio nel triennio di circa 5 m sul settore frontale, con un gradiente altimetrico tipico dei ghiacciai alpini.

**TERMINI CHIAVE:** Bilancio di massa, Metodo diretto, Vedretta Pendente, Alpi Centrali.

### MORFOLOGIA E DINAMICA GLACIALE

La Vedretta Pendente-Hangenderferner è un ghiacciaio delle Alpi Breonie, sistema montuoso appartenente alle Alpi Retiche ed il cui spartiacque principale costituisce la linea di confine con l'Austria. Le testate delle valli

ricadenti in territorio italiano (Passiria, Ridanna e Fleres) presentano ampie conche con ripiani a gradinata, favorevoli alla formazione glaciale. Tra queste, la Val Ridanna è la più glacializzata, comprendendo una decina di ghiacciai che, secondo il Catasto della Provincia Autonoma di Bolzano del 1982 (Valentini, 1985), occupano una superficie complessiva di 1131 ha, dei quali, circa l'83% relativo al Ghiacciaio di Malavalle (Übeltalferner), poco più dell'11% alla Vedretta Pendente (Hangenderferner) ed il resto ad altri piccoli apparati.

Gli studi e le osservazioni sui ghiacciai della Val Ridanna iniziarono nella seconda metà del secolo scorso e continuarono fino alla fine della Prima Guerra Mondiale per opera di vari autori germanici, tra i quali Pfaundler, Barth, Richter, Gsaller, Finsterwalder, Lagally e Czermack, che descrissero la morfologia, determinarono le caratteristiche geometriche e rilevarono gli apparati glaciali.

Negli anni Venti si interessarono al glacialismo delle Breonie dapprima Mosna (1924), ma soprattutto Castiglioni (1930), i cui lavori riportano le osservazioni e le analisi compiute tra il 1926 ed il 1929. Le osservazioni regolari delle variazioni frontali del Malavalle e della Vedretta Pendente iniziano nel 1922 e proseguono regolarmente fino al 1938. Un rilievo venne effettuato nel 1958 per la compilazione del Catasto dei Ghiacciai Italiani. Le osservazioni frontali sono riprese poi saltuariamente dal 1978 al 1984 (Pellegrini, 1978-1979-1980) e di nuovo regolarmente dal 1987 (Franchi, dal 1988 al 1998).

La Vedretta Pendente (fig. 1) occupa il versante meridionale della testata della Val Ridanna, tra la Cresta Rossa (Roter Grat) 3096 m e la Cima di Montarso Occidentale (Westl. Feuerstein) 3246 m. Queste due cime sono collegate da una cresta che si abbassa verso il centro, intorno a quota 2840, fino a poche decine di m sopra la superficie attuale del ghiacciaio. Due sono i bacini alimentatori di questo apparato glaciale: quello occidentale, che proviene dalla Forcella della Cresta Rossa (3007 m) e quello orien-

(\*) Via Giardino Giusti 19, 37129 Verona.

(\*\*) Via Montello 8, 30033 Noale (Venezia) (alvisero@tin.it).

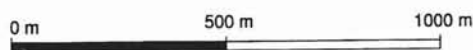
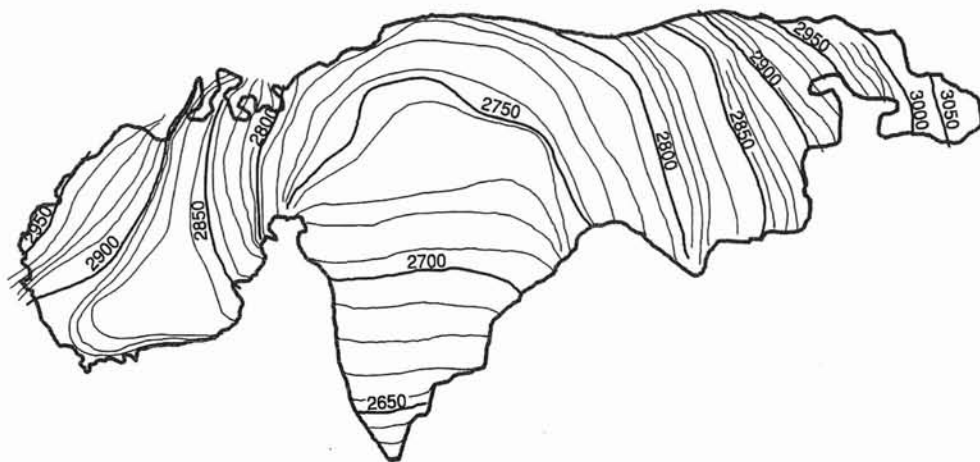


FIG. 1 - Cartografia numerica della Vedretta Pendente tratta dal Foglio 00603 (Cima Libera) della Carta Tecnica della Provincia Autonoma di Bolzano in scala 1:10.000, aggiornata con rilievi terrestri nel Settembre 1997 e ridotta ad una scala approssimativa 1:20.000.

FIG. 1 - Vedretta Pendente digital cartography based on the Foglio 00603 (Cima Libera) of the Carta Tecnica della Provincia Autonoma di Bolzano, scale 1:10.000, updated by means of a terrestrial survey taken in the Sept. 1997 and reduced to an approximated scale of 1:20.000.

tale, che trae origine dalla Forcella di Montarso (3110 m). Essi confluiscono in una depressione centrale (2750 m circa) lievemente declinante verso S, situata in corrispondenza del tratto più basso della Cresta Rossa. Il bacino alimentatore più importante è quello orientale, che presenta un'inclinazione inizialmente modesta, poi sempre più accentuata fino alla forcella. Nella fascia altimetrica compresa tra 2900 e 2950 m negli ultimi anni sono affiorate vaste aree rocciose.

Il bacino occidentale è meno sviluppato, la sua pendenza più accentuata si trova in corrispondenza della confluenza, mentre va progressivamente riducendosi verso la Forcella della Cresta Rossa.

Il flusso glaciale del ramo centrale è orientato verso S fino a raggiungere una quota di 2615 m alla fronte.

Per quanto riguarda l'estensione di questo ghiacciaio, la prima stima risale al Richter (Richter, 1888), datata alla fine del secolo scorso, quando la lingua, divisa in due grandi lobi, si spingeva al di sotto della quota di 2500 m fin sull'orlo dei ripiani che sovrastano la conca che allora era occupata dal Ghiacciaio di Malavalle: in quelle condizioni la superficie del ghiacciaio è stata valutata in 235 ha.

Alla fine degli anni '20 Castiglioni (1930), nel corso di vari sopralluoghi, valutava l'estensione pari a 161 ha e la quota della fronte 2550 m. Nel 1958, in occasione della stesura del Catasto dei Ghiacciai Italiani (C.N.R.-C.G.I., 1959-1962), nel quale la Vedretta Pendente viene identificata con il n. 876, il ghiacciaio presentava una estensione valutata in 133 ha, mentre al rilievo del 1982, realizzato in occasione della redazione del Catasto dei Ghiacciai della Provincia Autonoma di Bolzano, nel quale viene identificato con il codice I/4L00121110, la sua estensione è stata

valutata in 138 ha. Questa valutazione dell'estensione del ghiacciaio comunque suscita alcune perplessità se confrontata con la precedente, non essendo questo ipotetico incremento suffragato da riscontri oggettivi: infatti le immagini fotografiche della zona frontale del 1958 mostrano un ghiacciaio senz'altro più ampio. Forse l'abbondante neve residua sui bacini collettori nel 1982 può aver creato qualche difficoltà d'interpretazione.

Nel 1996 l'area è stata calcolata 112 ha, valore che è al netto dell'area occupata da un affioramento roccioso nel settore orientale la cui estensione viene stimata in 2,4 ha. La larghezza massima e la lunghezza massima sono rispettivamente 2330 m e 1100 m. La diminuzione dell'estensione è stata determinata dal ritiro frontale, dalla riduzione dei margini, e soprattutto dai vasti affioramenti rocciosi sul bacino orientale. L'analisi della velocità di riduzione areale (tab. 1) consente di osservare che, pur con la cautela dettata dalla relativa precisione delle stime, i valori più elevati si sono verificati nel periodo a cavallo della fine del secolo scorso, quando l'estensione era maggiore. La pulsazione positiva per l'estensione delle superfici glaciali, verificatasi su gran parte dei ghiacciai nel corso degli anni '70, viene in questo caso registrata come una sostanziale stabilità.

I dati delle variazioni frontali, pur con alcune interruzioni, consentono di analizzare un periodo di 75 anni, dal 1922 al 1998, nel corso del quale la fronte principale ha subito un arretramento di 419 m (valore medio annuo -5,5 m). Questo arretramento può venire scomposto in cinque periodi, in relazione alle condizioni di regolarità delle osservazioni precedentemente evidenziate, come riportato in tab. 2.

TABELLA 1 - Riepilogo delle osservazioni sull'estensione della Vedretta Pendente

TABLE 1 - Summary of the Vedretta Pendente extent evaluations

Anno	Area ha	Variazione ha/anno
1888	235	
1930	161	- 1,76
1958	133	- 1,00
1982	138	0,21
1996	112	- 1,86

TABELLA 2 - Riepilogo delle osservazioni sulle oscillazioni frontali della Vedretta Pendente

TABLE 2 - Summary of the Vedretta Pendente glacier front fluctuation measurements

Periodo Anni	Variazione m	Velocità m/anno
1922-1938	- 67	- 4,2
1938-1958	- 187	- 9,3
1958-1978	- 56	- 2,8
1978-1987	- 24	- 2,7
1987-1998	- 86	- 7,8

Anche questo segnale, che presenta un andamento simile a quello presentato da molti ghiacciai alpini, evidenzia un modesto ritiro tra gli anni Venti e Trenta (all'interno dei quali si verificarono anche alcune pulsazioni positive), un successivo arretramento più pronunciato tra gli anni Quaranta e Cinquanta, attenuatosi poi nel ventennio successivo, per intensificarsi nuovamente nell'ultimo decennio.

## BILANCIO DI MASSA

Le campagne di misura del bilancio di massa sono iniziate nel Luglio 1996, quando sono state collocate le prime 14 paline ablatometriche in tubo di alluminio della lunghezza di 3 m. Nel corso delle campagne successive sono stati condotti alcuni aggiustamenti e reintegrazioni di paline andate perdute, cosicché la situazione finale può essere così rappresentata: 7 paline sono situate sul corpo centrale, 4 nel bacino di accumulo orientale, e 5 in quello occidentale; la loro quota si estende tra 2677 e 2950 m, (tab. 3).

Il metodo di misura del bilancio di massa applicato alla Vedretta Pendente è del tipo diretto e si basa sulla misura delle variazioni di sporgenza di un numero fisso di paline infisse nella massa glaciale ad una quota  $q$ .

Attraverso la differenza delle sporgenze delle paline misurate alla data iniziale e finale della campagna annuale, tenuto conto degli eventuali approfondimenti, nonché dell'equivalente in acqua della neve residua al suolo, che viene determinato con il pesaneve, si ottiene un valore del bilancio netto in corrispondenza di ciascuna palina  $b$ , che

TABELLA 3 - Distribuzione altimetrica delle paline ablatometriche sulla Vedretta Pendente

TABLE 3 - Distribution of the Vedretta Pendente ablation measuring stakes

palina N.	lunghezza (cm)	quota m	Posizione Settore
78 C	300	2677	Centrale
79 C	300	2700	»
88 C	300	2712	»
90 C	325	2710	»
80 C	300	2722	»
81 C	300	2743	»
82 C	300	2758	»
50 O	300	2792	Occidentale
48 O	327	2820	»
49 O	286	2840	»
47 O	300	2870	»
84 O	300	2880	»
85 E	300	2783	Orientale
76 E	325	2810	»
89 E	300	2783	»
86 E	300	2840	»

viene espresso come spessore della lama d'acqua equivalente (mm Weq).

La valutazione del bilancio netto complessivo viene successivamente effettuata mediante l'integrazione su tutta l'estensione glaciale delle misure di variazione di spessore del ghiacciaio relativamente ad un intervallo temporale fisso. Questa integrazione richiede la conoscenza della distribuzione altimetrica delle variazioni di spessore  $b(q)$  e delle estensioni della superficie glaciale  $S(q)$ . Nel caso specifico questa informazione è stata acquisita in forma numerica digitalizzando le curve di livello del Foglio 00603 (Cima Libera) della Carta Tecnica della Provincia Autonoma di Bolzano in scala 1:10.000 ed è stata aggiornata mediante un apposito rilievo topografico eseguito nel mese di Settembre 1997; nella fig. 1 ne viene riportata una rappresentazione in scala ridotta a circa 1:20.000.

Nel caso della Vedretta Pendente l'analisi dei valori misurati di bilancio netto sulle paline viene effettuata approssimando con una curva di regressione ai minimi quadrati di grado appropriato i punti rappresentativi delle coppie di valori ( $b; q$ ). Capita sovente che una sola curva non approssimi con adeguata significatività l'insieme di tutti i punti, cosicché essi vengono raggruppati in 2 o più gruppi (o cluster) omogenei, cui corrispondono spesso situazioni omogenee anche sul campo, e ciascuno di essi viene approssimato con una curva appropriata (tab. 4). Queste curve sul piano cartesiano, in genere tendono a disporre parallele, e quindi presentano gradienti altimetrici del bilancio simili. Questo fatto riveste un preciso significato fisico nelle relazioni bilancio di massa/bilancio energetico dei ghiacciai; in particolare il gradiente altimetrico del bilancio netto è una caratteristica specifica di ciascun ghiacciaio, derivante prevalentemente da fattori morfologici, quali l'intervallo altimetrico, la distribuzione altimetrica delle superfici, l'esposizione, la pendenza, ecc., ed è da

porre in relazione con la sua sensitività al forcing climatico (Kuhn, 1981), mentre la distanza tra le curve è da porre in relazione con gli apporti, cioè con l'accumulo lordo.

Il valore del bilancio totale netto  $B_n$ , espresso in volume di acqua equivalente ( $m^3$  Weq), si ottiene sommando, per ciascuna delle equazioni rappresentative di queste curve, che viene contraddistinta con la variabile  $i$ , i contributi di tutte le fasce altimetriche di ampiezza 25 m, secondo la:

$$B_n = \sum_i \sum_q \theta_q b(q) S(q) / 1000 \quad (m^3 \text{ Weq})$$

dove  $q$  è la quota mediana della fascia altimetrica,  $S(q)$  l'estensione e  $\theta_q$  la frazione di area della fascia che compete all'equazione.

Il valore del bilancio specifico netto  $b_n$  viene ottenuto mediante la:

$$b_n = B_n / S \quad (\text{mm Weq})$$

con

$$S = \sum_q S(q) \quad (m^2)$$

l'estensione totale del ghiacciaio.

#### CAMPAGNA DI MISURE 1995-96

Nel Luglio 1996 sono iniziate le misure quando il ghiaccio risultava scoperto solo nella parte finale della lingua glaciale, dalla fronte fino a quota 2730 m, mentre nella parte superiore (a quota 2850-2900 m) lo spessore del manto nevoso residuo superava 1 m; a questa neve primaverile, è stato assegnato un valore medio di densità di 300  $kg/m^3$ .

L'analisi delle misurazioni sulle paline eseguite durante il periodo di ablazione ha portato all'individuazione di due zone omogenee sotto il profilo dell'andamento del bilancio di massa, che hanno comportato l'identificazione di due relazioni che legano il bilancio netto con la quota, ognuna di queste valida per un'area del ghiacciaio. In particolare, nel corpo centrale e nella parte più bassa dei due bacini laterali la relazione tra il bilancio netto e la quota è stata interpolata mediante l'equazione di un trinomio con il grado parametrizzato, una relazione cioè del tipo:

$$Y = A + B * X + C * X^{3/2} D$$

Dove  $Y$  = bilancio netto (mm Weq)

$X$  = quota (m s.l.m.)

$A, B, C, D$  parametri determinati ai minimi quadrati, riportati in tab. 4.

Alla fine della stagione nelle aree poste alle quote superiori a 2950 m dei due bacini di accumulo, era invece rimasto uno spessore uniforme di neve residua per un equivalente in acqua pari a 12 mm Weq. Il risultato della distribuzione altimetrica del bilancio è raffigurato con la linea continua in fig. 2 (scala sull'ordinata di sinistra), mentre la distribuzione altimetrica delle aree è raffigurata mediante l'istogramma (scala sull'ordinata destra). Il valo-

TABELLA 4 - Parametri delle equazioni di interpolazione dei bilanci netti sulle paline

TABLE 4 - Interpolation function parameters of the net mass balance measurements at the the stakes

Bilancio	Equazione	(A)	(B)	(C)	(D)
1995/96	trinomio	-196084	155,7	-0,2325	1,74479
1996/97	trinomio	-288709	226,0	-0,2528	1,77940
	retta	-13801	4,7		
1997/98	retta 1	-40970	14,4		
	retta 2	-38804	13,1		
	retta 3	-36250	12,3		
	retta 4	-37963	13,1		

re finale del bilancio di massa specifico netto, ottenuto considerando un valore di densità del ghiaccio di 900  $kg/m^3$ , è di -523 mm Weq, corrispondente ad una perdita in volume di 597.000  $m^3$  Weq su una superficie di 112 ha, cui corrisponde una quota di ELA di 2940 m ed un valore di AAR = 0,10.

#### CAMPAGNA DI MISURE 1996-97

La campagna di misure è ripresa il 9 Agosto 1997; l'inevamento residuo era ancora molto abbondante, con uno spessore della neve che arrivava fino a 2,30 m nella parte alta del bacino, ragion per cui 5 paline non affioravano. La chiusura del bilancio è stata effettuata il 21 Settembre; la densità media della neve residua a questa data era di 674  $kg/m^3$ .

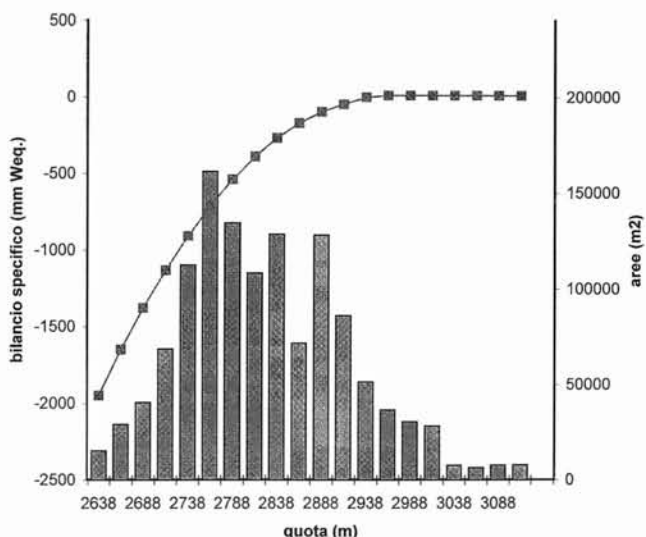


FIG. 2 - Distribuzione altimetrica del bilancio di massa cumulato e dell'estensione delle superfici glaciali della Vedretta Pendente per l'anno 1995/96.

FIG. 2 - The Vedretta Pendente cumulated mass balance and glacial surface extension elevation function for the 1995/96 hydrological year.

L'analisi delle misurazioni dell'affioramento delle paline ha portato ad individuare tre zone omogenee sotto il profilo dell'andamento del bilancio di massa, che hanno portato all'individuazione di altrettante relazioni che legano il bilancio netto con la quota (tab. 4). In particolare, nel corpo centrale e nella parte più bassa dei due bacini laterali la relazione tra il bilancio netto e la quota è stata interpolata sempre mediante l'equazione di un trinomio di grado parametrizzato. Nelle aree a più forte pendenza dei due bacini laterali, i valori di variazione di spessore sono stati interpolati mediante una retta, mentre in alcune placche della parte più elevata dei bacini di accumulo (oltre 2950 m) lo spessore del manto nevoso era praticamente costante ed il suo equivalente in acqua pari a 520 mm Weq. Vista la consistenza del manto nevoso residuo a fine stagione, la distribuzione spaziale della neve residua è stata rilevata con un certo dettaglio in modo da procedere alla sua restituzione cartografica, allo scopo di determinare con la maggior accuratezza possibile l'accumulo netto.

Il valore finale del bilancio di massa specifico netto, considerata una densità del ghiaccio di  $900 \text{ kg/m}^3$  è di  $-12 \text{ mm Weq}$ , per un corrispondente volume di  $-13.000 \text{ m}^3$  ripartito su un'area di  $112 \text{ ha}$ , mentre la quota di ELA risulta  $2780 \text{ m}$  ed il relativo AAR =  $0,60$ . Il risultato della distribuzione altimetrica del bilancio è raffigurato con la linea continua in fig. 3 (scala sull'ordinata di destra), mentre la distribuzione altimetrica delle aree è raffigurata mediante l'istogramma (scala sull'ordinata sinistra), nel quale la ripartizione delle aree secondo le tre equazioni è evidenziata tramite la diversa campitura delle sbarrette.

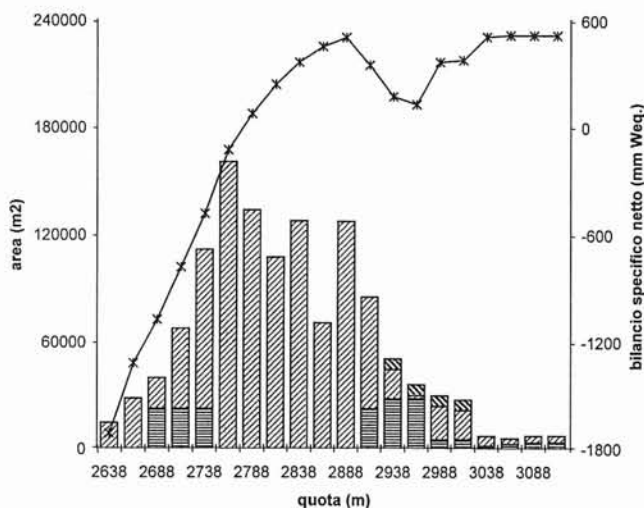


FIG. 3 - Distribuzione altimetrica del bilancio di massa cumulato e dell'estensione delle superfici glaciali per l'anno 1996/97. Le diverse campiture dell'istogramma rappresentano la ripartizione delle aree glaciali secondo le diverse equazioni rappresentative della dipendenza altimetrica del bilancio.

FIG. 3 - The Vedretta Pendente cumulated mass balance and glacial surface extension elevation function for the 1996/97 hydrological year. The different filling motifs of the histogram bars represent the partition of the glacial areas following the different equations of the mass balance elevation function.

Alla ripresa della campagna di misure glaciologiche, il 18 Luglio 1998, il ghiacciaio risultava completamente coperto di neve, con spessori varianti da 70 cm sulla lingua ad oltre 2 m nelle parti più elevate al riparo della Cresta Rossa. La densità media della neve risultava di  $671 \text{ kg/m}^3$ .

Non si è potuto chiudere il bilancio alla fine di Settembre perché a metà del mese nevicate precoci hanno reso impraticabili i sentieri più esposti ed hanno fatto anticipare la chiusura dei rifugi, quindi le misure di chiusura sono state effettuate il 27 Luglio 1999, alla ripresa della campagna successiva, mentre la data di chiusura è stata convenzionalmente posta al 30 Settembre 1998. Il calcolo è stato effettuato sulla base delle ipotesi che l'ablazione glaciale non sia progredita oltre la fine del Settembre 1998 e che a quella data il manto nevoso fosse stato completamente fuso (circostanza verificata già in occasione della visita di Agosto).

L'analisi delle misurazioni sulle paline ha evidenziato una notevole dispersione di risultati, che ha portato a raggruppare i punti rappresentativi delle paline sul piano cartesiano  $b/q$  in quattro gruppi, costituiti da un numero di punti variabile da 2 a 6, ciascuno dei quali è stato interpolato con una retta i cui parametri A e B sono riportati in tab. 4. Il regime particolarmente elevato del bilancio, caratterizzato da un accumulo abbondante e da una forte ablazione, ha contribuito ad accentuare la dispersione delle misure di variazione di spessore.

Il valore finale del bilancio di massa specifico netto, considerando un valore di densità del ghiaccio di  $900 \text{ kg/m}^3$  risulta di  $-1273 \text{ mm Weq}$ , corrispondente ad una perdita di volume equivalente di  $-1.424.000 \text{ m}^3$  su una estensione di  $112 \text{ ha}$ . La quota di ELA, considerando che la copertura nevosa sia fusa completamente, è quindi quella massima del ghiacciaio, cioè  $3150 \text{ m}$ , con un corrispondente valore di AAR =  $0,0$ .

La distribuzione altimetrica risultante del bilancio netto è riportata dalla curva a tratto continuo della fig. 4, mentre la distribuzione altimetrica delle aree è raffigurata mediante l'istogramma (scala sull'ordinata sinistra), nel quale la ripartizione delle aree secondo le quattro equazioni è evidenziata tramite la diversa campitura delle sbarrette.

## CONCLUSIONI

I valori di bilancio di massa specifico relativi ai tre anni idrologici che vanno dal 1995-96 al 1997-98 consentono innanzitutto di confermare la tendenza alla riduzione di questo apparato glaciale. L'andamento del bilancio di massa cumulato sulle singole paline, viene rappresentato nel grafico di fig. 5. La massa glaciale in corrispondenza delle paline poste in prossimità della fronte ha subito una riduzione di spessore netto di circa 5 m (espressi in spessore equivalente di lama d'acqua), mentre la variazione geodetica effettiva è di 5,5 m; al crescere della quota gli spessori di ghiaccio fuso tendono a ridursi rapidamente.

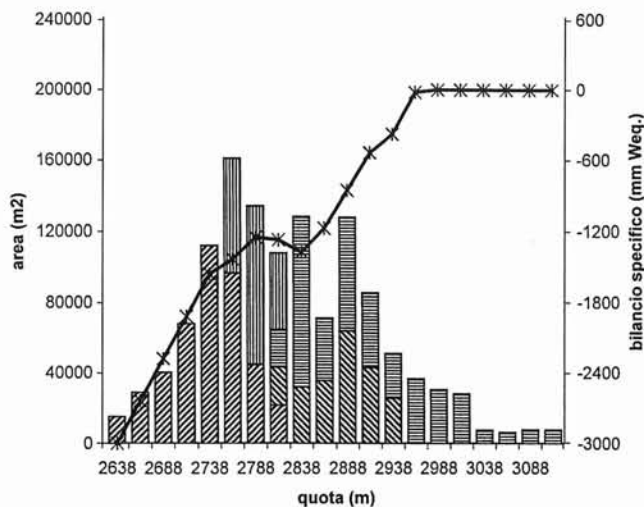


FIG. 4 - Distribuzione altimetrica del bilancio di massa cumulato e dell'estensione delle superfici glaciali per l'anno 1997/98. Le diverse campiture dell'istogramma rappresentano la ripartizione delle aree glaciali secondo le diverse equazioni rappresentative della dipendenza altimetrica del bilancio.

FIG. 4 - The Vedretta Pendente cumulated mass balance and glacial surface extension elevation function for the 1997/98 hydrological year. The different filling motifs of the histogram bars represent the partition of the glacial areas following the different equations of the mass balance elevation function.

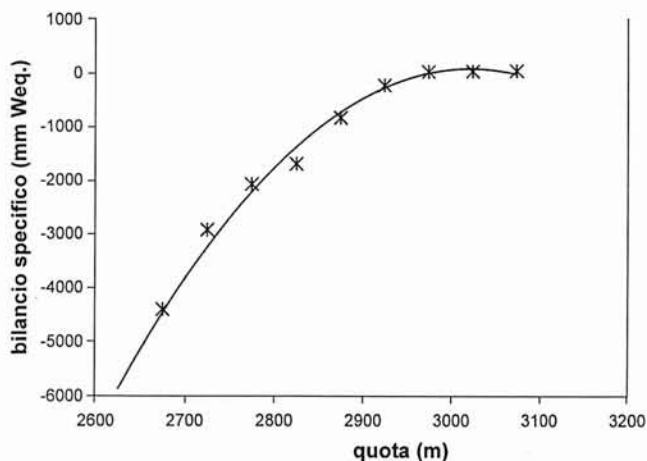


FIG. 5 - Grafico della riduzione cumulata dello spessore di ghiaccio alle paline in funzione della quota, nel triennio 1996-98.

FIG. 5 - The elevation function of the total three year ice thickness reduction measured at the stakes of the Vedretta Pendente (1995/1996 to 1997/98 years).

TABELLA 5 - Riepilogo dei valori di bilancio di massa netto ottenuti sulla Vedretta Pendente

TABLE 5 - Net mass balance measurement summary of the Vedretta Pendente

Periodo di riferimento inizio	Periodo di riferimento fine	Bilancio $b_n$ mm Weq	ELA	AAR
15/7/96	15/9/96	- 523	2940	0,10
15/9/96	21/9/97	- 12	2780	0,60
21/9/97	30/9/98	- 1273	3150	0,0

La variazione altimetrica di questa grandezza appare piuttosto regolarizzata, tale da consentire una interpolazione dei punti con un ramo di parabola che presenta una buona significatività statistica ( $R^2 = 0,835$ ). Il valore del gradiente altimetrico medio annuo del bilancio specifico risulta quindi di circa  $5,3 \text{ mm Weq/m/anno}$ , che può considerarsi un valore intermedio, poiché i ghiacciai temperati possono arrivare fino a  $10 \text{ mm Weq/m/anno}$  (Haeferli, 1962). Elevati valori di gradiente sono caratteristici di ghiacciai con accumuli elevati e conseguenti forti velocità di trasferimento di massa dall'area di accumulo all'area di ablazione. Questo consente di avanzare alcune ipotesi sulla specificità di comportamento della Vedretta Pendente, ghiacciaio particolare che è in grado di garantire la permanenza a quote relativamente basse di masse glaciali attive. Risulta evidente la differenza di comportamento della Vedretta Pendente rispetto, ad esempio, ad un altro corpo glaciale posto all'incirca alla stessa altitudine, come il lembo del Ghiacciaio di Malavalle staccatosi circa cinquant'anni fa dal corpo centrale, e che si trova nel bacino laterale sinistro, tra la Cresta Rossa, la Cima Libera ed il Bicchiere. Mentre sul Pendente, che viene delimitato a Nord da una cresta rocciosa relativamente bassa si evidenziano condizioni locali di apporti abbondanti, sull'altro corpo glaciale, più riparato dalle alte pareti che lo coronano, l'innnevamento primaverile risulta sistematicamente più scarso ed il bilancio netto risulta penalizzato.

Per quanto riguarda le relazioni statistiche tra le grandezze glaciologiche fondamentali della Vedretta Pendente, in tab. 5 sono riportati i risultati dei bilanci di massa finora misurati, dati che permettono di calcolare i parametri della retta di regressione  $b_n/ELA$  (fig. 6):

$$b_n = A + B * ELA$$

con

$$A = 2790; B = -0,306; R^2 = 0,9997$$

I tre punti risultano praticamente allineati, e, pur con la cautela derivante dalla povertà del campione, allo stato dei fatti si ritenuto utile confrontare comunque questa relazione con quella relativa ad altri ghiacciai della regione, in particolare con la relazione  $b_n/ELA$  della Vedretta del

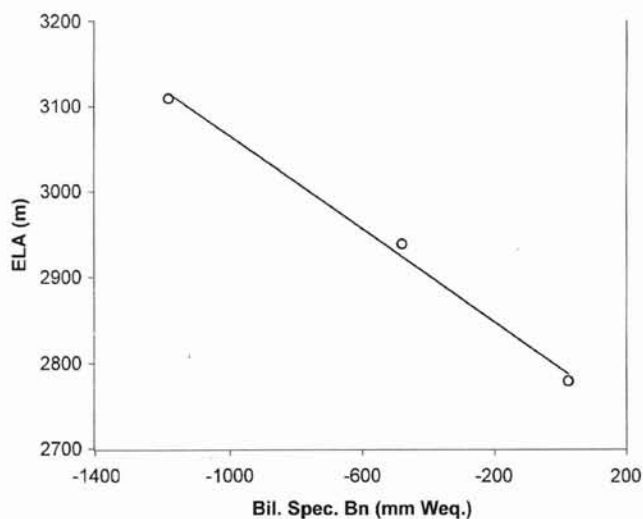


FIG. 6 - Grafico rappresentativo della retta di regressione  $b_n/ELA$  per la Vedretta Pendente.

FIG. 6 - The Vedretta Pendente  $b_n/ELA$  relation graph.

Caresèr, che si basa su una serie di osservazioni ormai trentennale (Zanon, 1992, e comunicazione personale); si evidenzia come le due rette presentino pendenze sostanzialmente analoghe mentre differiscono per una traslazione di circa 250 metri nei valori dell'ordinata. Ciò è indicativo del fatto che sul Caresèr, il cui valore di ELA presenta, appunto, un incremento di 250 m, gli accumuli sono sistematicamente più scarsi. Un analogo confronto con la relazione caratteristica dell'Hintereisferner, per la quale i parametri della retta risultano:

$$A = 2915; B = -0,221; R^2 = 0,920$$

dalla quale appare, invece, una più marcata similitudine dei valori di bilancio nella fascia altimetrica della Vedretta Pendente, accompagnata, però, da una sostanziale differenza della pendenza della retta, indicativa, in questo caso, del fatto che il ghiacciaio austriaco, presenta estensione ( $8,9 \text{ km}^2$ ) e struttura geometrica molto diverse, che lo rendono meno sensibile alle fluttuazioni climatiche.

#### BIBLIOGRAFIA

- CASTIGLIONI B. (1930) - *Ghiacciai delle Breonie*. Boll. Com. Glac. It., ser. 1, 10, 141-190.
- C.N.R. - C.G.I. (1959-1962) - *Catasto dei Ghiacciai Italiani*. 4 voll, Torino.
- FRANCHI G. (1988), (1989), (1990), (1991), (1992), (1993), (1994), (1995), (1996), (1997), (1998), (1999) - *Relazioni delle campagne glaciologiche 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998*, Geogr. Fis. Dinam. Quat., 11(2), 164-165; 12(2), 198-200; 13(2), 235; 14(2), 306; 15(1e2), 250; 16(2), 241; 17(2), 269; 18(1), 128; 19(1), 192; 20(2), 406; 21(2), 322-323; 22(2), 221-222.
- HAEFELI R. (1962) - *The ablation gradient and the retreat of a glacier tongue*. In: Symposium of Obergurgl on Variations of the Regime of Existing Glaciers, IAHS Publ. 58, 49-59.
- KUHN M., (1981) - *Climate and glaciers*. Proc. IAHS Canberra Symposium on Sea Level, Ice and Climatic Change, December 1979. IAHS Publ. 131, 3-20.
- MOSNA E. (1924) - *Note sui ghiacciai delle Breonie*. Arch. per l'Alto Adige, 19.
- PELLEGRINI G.B. (1978), (1979), (1980) - *Relazioni delle campagne glaciologiche 1977, 1978, 1979*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1(1), p. 106; 2(2), 162-163; 3(2), p. 124.
- RICHTER E. (1888) - *Die Gletscher der Östalpen*. Handbuecher zur Deutschen Landes und Volkskunde. III, 1-306.
- VALENTINI P. (1985) - *Il Catasto dei Ghiacciai della Provincia di Bolzano*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 182-195.
- ZANON G. (1992) - *Venticinque anni di bilancio di massa del Ghiacciaio del Caresèr, 1966/1990-91*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 215-219.