

MARKUS AELLEN (*), GIOVANNI KAPPENBERGER (**), & GIACOMO CASARTELLI (***)

IL GHIACCIAIO DEL BASODINO (ALPI MERIDIONALI SVIZZERE)

ABSTRACT: AELLEN M., KAPPENBERGER G. & CASARTELLI G., *The Basodino Glacier (Southern Swiss Alps)*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

The Basodino Glacier is located on a slope plateau and with an area of 2,4 km² is the largest glacier of the southern part of the Swiss Alps. The variation of the length has been continuously measured since 1892. Its wide front advanced a little during the last decades and is now stationary. The present surface of the glacier is about half the extent of the middle of the last century. The thickness changes have taken place been calculated from 5 topographical surveys in the last 60 years. The maximum loss of thickness have taken place between 1979 and 1991 and amounts to 10 m, giving some 27 millions m³ of water. The direct mass-balance measurements started in 1992 and show balanced or small positive values, especially for the year 1994-95. As a comparison, the Scalino Glacier, with a similar location but less precipitations, is retreating quickly, like most of the other alpine glacier, as a consequence of a warming atmosphere.

KEY WORDS: The Basodino Glacier, Mass-balance, Southern Swiss Alps.

RIASSUNTO: AELLEN M., KAPPENBERGER G. & CASARTELLI G., *Il ghiacciaio del Basodino (Alpi meridionali svizzere)*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

Il Ghiacciaio del Basodino, di tipo pianalto, con una superficie di 2,4 km² è il più esteso del versante meridionale svizzero delle Alpi. La variazione della lunghezza del fronte è stata rilevata ininterrottamente dal 1892. Il suo largo fronte ha segnato un lieve avanzamento negli scorsi decenni, mentre attualmente è stazionario. La superficie del ghiacciaio si è praticamente dimezzata a partire dalla metà del secolo scorso. Le variazioni dello spessore sono state calcolate in base a 5 rilevamenti fotogrammetrici eseguiti negli ultimi 60 anni. La perdita di spessore maggiore si è verificata tra il 1979 e il 1991 con un calo di circa 10 m, corrispondente a un volume di 27 mio di m³ d'acqua. Le misurazioni del bilancio di massa dirette, effettuate dal 1992, mostrano condizioni d'equilibrio o leggermente positive, particolarmente nell'anno idrologico 1994-95. A confronto, il Ghiacciaio dello Scalino, simile come tipo, in

condizioni di precipitazioni più ridotte e con un globale riscaldamento dell'atmosfera, subisce un forte regresso come la maggior parte degli altri ghiacciai alpini.

TERMINI CHIAVE: Ghiacciaio del Basodino, Bilancio di massa, Alpi meridionali svizzere.

INTRODUZIONE

Il ghiacciaio del Basodino è situato nell'alta Valle Maggia sullo spartiacque con la Valle Formazza. Esposto verso NNE, occupa il vasto altopiano sotto la cima omonima che culmina a 3272 m (SPINEDI, 1981). Le prime osservazioni sistematiche della lingua del ghiacciaio risalgono alla fine del secolo scorso e da allora sono a disposizione misurazioni regolari delle sue variazioni. Le valutazioni della sua superficie si basano sulle carte topografiche, la prima utilizzabile è quella di DUFOUR del 1851. A partire dal 1929, in base a diversi rilievi di precisione, si è pure potuto valutare l'andamento quantitativo del ghiacciaio, ossia le variazioni di spessore e di volume. Le misurazioni dirette del bilancio di massa sono invece iniziate nel 1992.

Uno degli scopi principali di questa ricerca è quello di effettuare un confronto tra due ghiacciai simili per quota ed esposizione, ma situati in contesti climatici diversi. Il paragone viene effettuato con il ghiacciaio dello Scalino, anch'esso di tipo pianalto e con esposizione verso NE, situato in Valtellina tra Sondrio-Poschiavo e Tirano, distante dal Basodino 120 km (CASARTELLI & *alii*, in stampa).

ANDAMENTO DEL FRONTE DEL GHIACCIAIO DEL BASODINO

In Svizzera le misurazioni dei ghiacciai sono di competenza dei rispettivi Servizi forestali cantonali che, grazie alla loro presenza capillare sul territorio, vennero incaricati di

(*) Laboratorio di Ricerche idrauliche e glaciologiche-VAW, CH-Zurigo.

(**) Istituto svizzero di Meteorologia, CH-Locarno-Monti.

(***) Comitato Scientifico del Club Alpino Italiano, Milano.

Comunicazione presentata al Convegno «Cento anni di ricerca glaciologica in Italia», Torino, 19-20 Ottobre 1995 (Communication presented at the Meeting «100 years of glaciological research in Italy», Turin, 19-20 October 1995).

Un ringraziamento particolare è rivolto alle Officine Idroelettriche della Maggia S.A. per il prezioso sostegno e la collaborazione logistica. Si ringrazia pure l'ing. G. CORTI dell'Ispettorato Forestale, responsabile per la misurazione del fronte del ghiacciaio. Come pure gli amici e colleghi che hanno partecipato ai rilevamenti, non sempre effettuati in condizioni meteorologiche ottimali, in modo particolare F. SPINEDI.

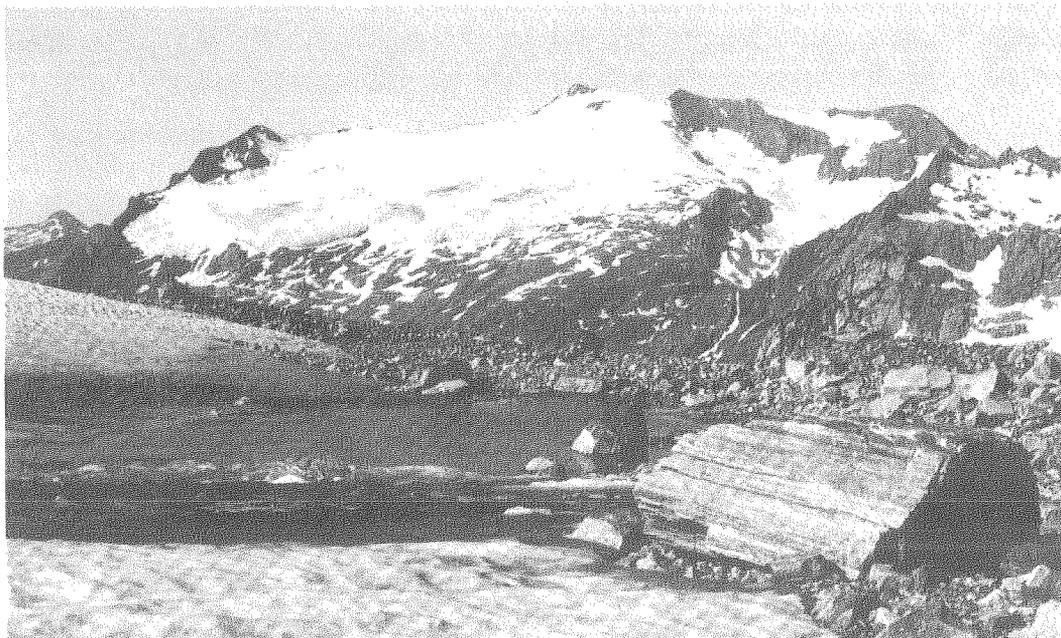


FIG. 1 - Ghiacciaio del Basodino visto da NE.

FIG. 1 - View of the Basodino Glacier, from the Northeast.

questa attività già con le prime campagne verso la fine del secolo scorso (CORTI & VALLEGGIA, 1994). I rilievi vengono effettuati con metodi rimasti pressoché invariati, ma i mezzi sono evoluti, passando dalla bindella e dalla bussola ai distanziometri a laser.

Annualmente nelle Alpi svizzere vengono misurati circa 120 ghiacciai per incarico della Commissione Svizzera dei Ghiacciai e in collaborazione con il Politecnico Federale di Zurigo. I dati sono pubblicati nell'apposito annuario (LABORATORIO DI RICERCHE IDRAULICHE E GLACIOLOGICHE, 1994), e un rapporto più conciso appare ogni anno sulla rivista trimestrale «Le Alpi» del Club Alpino Svizzero. La serie delle misurazioni dei ghiacciai svizzeri rappresenta la più lunga raccolta sistematica di dati esistente al mondo, oggi inserita nell'Inventario Mondiale dei Ghiacciai (WGI) che contempla ca. 700 ghiacciai di tutto il mondo. In generale, dall'inizio delle misurazioni, i ghiacciai svizzeri hanno accusato una diminuzione media della lunghezza di 7,5 m all'anno, per un totale di ca. 800 m in poco più di un secolo. Il ghiacciaio dell'Aletsch, il più grande delle Alpi, si è ritirato di ben 3,5 km.

La figura 2 riporta i valori delle misurazioni della lunghezza del ghiacciaio del Basodino, direttamente sotto forma di variazioni. Come mostra il grafico, fin verso il 1910 ha avuto luogo un regresso del fronte, in seguito la lingua è restata stabile fino al 1940. Nei vent'anni successivi il ritiro è invece risultato forte, mentre dagli anni '60 agli anni '80 il ghiacciaio è lievemente avanzato e da allora le condizioni sono rimaste pressoché stazionarie. Il punto più basso lungo il fronte si trova attualmente (1995) a 2520 m di quota.

LA SUPERFICIE DEL GHIACCIAIO

Una suddivisione dei vari apparati di ghiaccio situati sui pendii del Basodino in territorio svizzero è riportata in MÜLLER & *alii*, 1976, in occasione dell'allestimento dell'inventario svizzero dei ghiacciai.

La determinazione della superficie del ghiacciaio è ricostruibile su un arco di tempo di ben 140 anni. Infatti, la prima carta topografica a disposizione, la carta Dufour, risale al 1851, mentre la carta Siegfried del 1878, la prima con le curve di livello, permette di stabilire le estensioni dei vari ghiacciai che, sull'ultimo rilievo topografico del 1987 risultano fortemente ridotti o completamente scomparsi. Il ghiacciaio principale del Basodino, rispetto al 1851, ha perso il 45% della sua superficie.

BILANCIO DI MASSA

a. METODO GEODETICO

Grazie a vari rilievi di precisione eseguiti sulla base di foto aeree ed effettuati negli anni 1929, 1949, 1971 e 1991, è stato possibile ricostruire il bilancio di massa per 4 differenti periodi. I risultati concernenti il ghiacciaio principale del Basodino sono riportati nella tab. 2. Nella prima colonna sono elencate le variazioni del volume in mio m³ d'equivalente d'acqua, nella seconda le variazioni dello spessore in metri e infine le variazioni della massa in cm/anno. La tabella mostra come nei primi 20 anni del periodo considerato il ghiacciaio abbia subito una perdita,

FIG. 2 - Variazioni della lunghezza del fronte del Ghiacciaio del Basodino a partire dal 1893.

FIG. 2 - Length variation of the front of Basodino Glacier, starting in 1893.

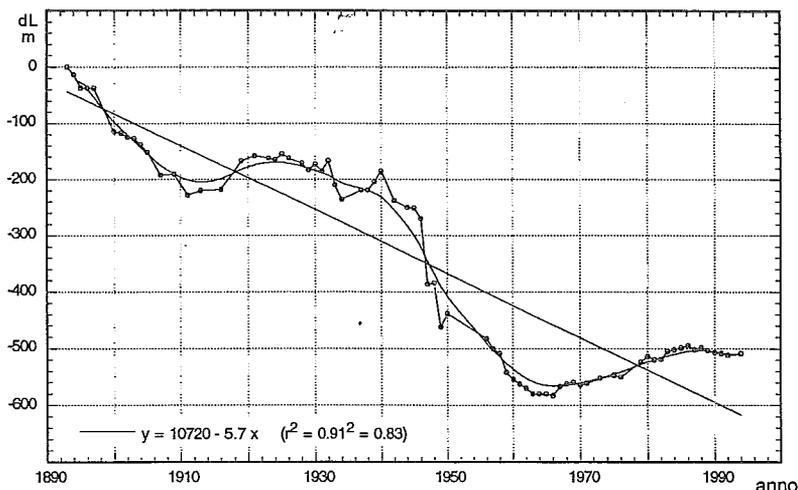


TABELLA 1 - Ghiacciaio del Basodino, area delle superfici glaciali, 1851-1991. Valori calcolati in base ai rilevamenti topografici generali (km²)

TABLE 1 - Area of the Basodino Glacier, 1851-1991. Values based on topographical surveys (km²)

anno	superficie Km ²	%
1851	4,36	100
1878	3,65	84
1907	3,22	74
1929	3,29	75
1949	2,66	61
1971	2,48	57
1979	2,60	60
1991	2,42	55

1851: carta topografica svizzera 1:100 000 (Dufour)
 1878, 1907: atlante topogr. svizzero 1:50 000 (Siegfried), v. anche fig. 1
 1929: nuova carta nazionale 1:50 000
 1949: Piano dettagliato 1:10 000
 1971, 1979: rilievo topografico particolare 1:10000 (eseguito dall'ing. Flotron su ordine della Commissione dei Ghiacciai)
 1991: Rilievo topografico particolare 1:10000 (ricerca commissionata, eseguita dalla VAW/ETHZ)

TABELLA 2 - Ghiacciaio del Basodino, riassunto sommario dei vari rilievi topografici: - variazione del volume - variazione dello spessore - variazione annua della massa.

TABLE 2 - Basodino Glacier, summary of the topographical surveys - volume variation - thickness variation - annual mass variation.

periodo	variazione volume in mio m ³	variazione spessore in m	variazione massa in cm/anno
1929-49	-18,6	-6,3	-28,2
1949-71	+8,2	+3,2	+13,0
1971-79	+9,4	+3,7	+41,4
1979-91	-27,4	-10,9	-81,8

altimetriche che presentano una certa omogeneità, sia di accumulo, sia di ablazione. Tutte le misurazioni effettuate durante le 6 o 7 uscite annuali vengono riportate su tali fasce, per determinare il bilancio totale della stagione che ha inizio alla fine dell'Estate.

La superficie totale del ghiacciaio è di 2,4 km² (1991). La ripartizione delle singole fasce altimetriche è illustrata sulla figura 4a, in metri d'equivalente d'acqua.

I risultati del periodo 1991-95 per il ghiacciaio del Basodino sono riportati nella tabella 3 e graficamente nella figura 4a dove, vicino alle aree delle fasce altimetriche, sono elencati i valori del bilancio specifico in m d'equivalente d'acqua. I valori per l'anno 91/92 sono stimati (linea tratteggiata), in quanto le misurazioni hanno avuto inizio poco dopo il bilancio massimo di fine Primavera/inizio Estate.

La quota d'equilibrio negli ultimi 4 anni oscillava attorno a 2800 m (vedi fig. 4a). Il bilancio della stagione 1993/94 è risultato lievemente positivo, nonostante l'Estate '94 fosse stata tra le più calde dal secolo. Grazie alle precipitazioni alluvionali (all'origine dell'esondazione del Verbano nell'Autunno del 1993) il ghiacciaio aveva già accumulato una buona riserva di neve, da 1 a 3 m e con densità elevata, attorno a 500 kg/m³. Anche il bilancio 1994/95 è risultato positivo, di oltre mezzo metro di equivalente acqua. Ciò è dovuto soprattutto alla stagione estiva estremamente cor-

poi dal '49 al '79 vi sia stata una lieve ripresa e infine negli ultimi anni di nuovo una perdita netta.

b. METODO GLACIOLOGICO DIRETTO

Il metodo classico della misurazione del bilancio di massa di un ghiacciaio è quello glaciologico diretto. Esso consiste nella misurazione dell'accumulo (soprattutto invernale) e dell'ablazione (soprattutto estiva). Il bilancio viene effettuato mediante:

- lo scavo di trincee per la determinazione dell'equivalente d'acqua dello strato nevoso;
- la misurazione della variazione del livello della superficie con l'aiuto di paline infisse a intervalli regolari sul ghiacciaio;
- il sondaggio dello strato di neve invernale.

Nel mese di Luglio 1992 sono state impiantate sul ghiacciaio del Basodino le prime 5 paline e sono iniziate le misurazioni. Data la configurazione abbastanza regolare del ghiacciaio, la sua superficie è stata suddivisa in 5 fasce

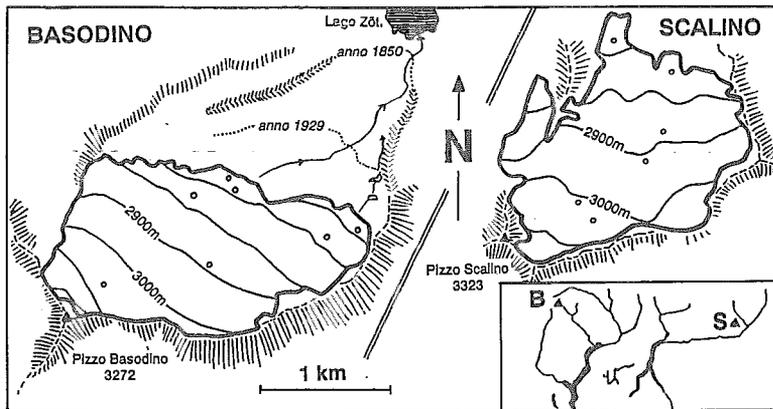


FIG. 3 - Planimetria del ghiacciaio del Basodino e dello Scalino con alcuni punti di misura. Cartina generale con posizione geografica del Basodino (B) nella Valle Maggia e dello Scalino (S) nella Valtellina.

FIG. 3 - Map of the Basodino Glacier and the Scalino Glacier with some surveypoints. General map with the geografical position of Basodino Glacier (B) and Scalino Glacier (S).

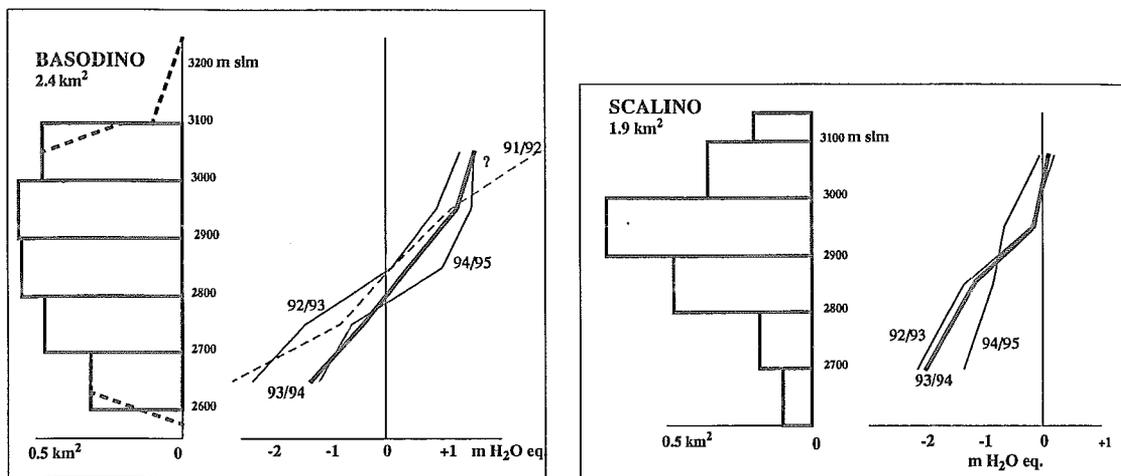


FIG. 4 - Bilancio di massa del ghiacciaio del Basodino in 5 fasce altimetriche e dello Scalino in 4 fasce altimetriche. A sinistra l'area delle singole fasce, a destra il bilancio specifico per fascia, per alcuni anni idrografici.

FIG. 4 - Mass balance of Basodino Glacier with 5 altitude bands and Scalino Glacier with 4 altitude bands. On the left side of the picture are represented the area of each band, on the right side the specific balance values of a few hydrological years.

TABELLA 3 - Valori del bilancio di massa, misurati tra gli anni 1991/92 e 1994/95. Bilancio netto, quota della linea d'equilibrio e fattore MR (rapporto tra l'area di accumulo alla fine dell'Estate e l'area totale del ghiacciaio)

TABLE 3 - Mass balance values, measured between the years 1991/92 and 1994/95. Net balance, height of the equilibrium line and AAR value (accumulation-area-ratio at the end of the Summer).

Basodino	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
bilancio netto in cm eq. d'acqua	+ 34,9	-8,2	+ 44,4	+ 61,4
linea	2840 m	2845 m	2800 m	2785 m d'equilibrio
AAR	57%	55%	67%	70%

ta, con nevicate tardive verificatesi durante il mese di Giugno 1995 e alla chiusura precoce del periodo d'ablazione, grazie alla cospicua nevicata di fine Agosto.

Permane qualche incertezza sui valori delle fasce più alte, dove i sondaggi non permettono sempre di ottenere va-

lori attendibili e dove, a causa dei forti accumuli, in futuro si imporrà l'impiego di paline più lunghe e resistenti.

CONFRONTO CON IL GHIACCIAIO DELLO SCALINO

Il ghiacciaio dello Scalino ha molte similitudini con quello del Basodino. L'estensione, la quota, la pendenza e l'esposizione sono analoghe e anch'esso è di tipo pianalto. Tuttavia, è situato in un contesto climatico nettamente diverso da quello del Basodino, in quanto più riparato dai flussi di aria umida. Infatti a nord c'è il gruppo del Bernina e a sud vi sono le Alpi Orobie che riparano la regione dalle correnti normalmente più umide.

Sul ghiacciaio dello Scalino sono distribuite una decina di paline. Il calcolo del bilancio di massa viene eseguito su 4 fasce altimetriche. Nella figura 4b è riportata l'area delle fasce a sinistra e il bilancio specifico a destra, per gli anni idrologici dal 1992 al 1995.

Essi sono risultati nettamente negativi, nell'Estate '95 persino la fascia più alta, oltre i 3000 m di quota, ha chiuso con un bilancio negativo. La linea d'equilibrio negli ultimi anni era dunque situata attorno ai 3000 m, e nell'estate '95 ben oltre.

CONCLUSIONE

Mentre la gran parte dei ghiacciai delle Alpi si sta ritirando notevolmente, il Ghiacciaio del Basodino, dopo una importante perdita di massa durata fin verso la fine degli anni '80 e caratterizzata da un sensibile assottigliamento, sembra ora essere stazionario. Lo dimostrano i bilanci di massa equilibrati o anche lievemente positivi degli ultimi 4 anni. La domanda che si pone è perché il ghiacciaio del Basodino è in condizioni stazionarie e non subisce un forte regresso come molti altri apparati glaciali, in particolare quello dello Scalino.

Secondo l'Atlante climatologico svizzero, le quantità di precipitazioni medie annuali 1931-1970 nella zona del Basodino, raggiungono almeno 3000 mm, ciò che viene confermato da misurazioni proprie e dai dati dell'Atlante Climatologico della Svizzera (ISTITUTO SVIZZERO DI METEOROLOGIA, ed. 1991). Questo quantitativo è quasi doppio di quello che cade nella regione del Pizzo Scalino. Con il generale rialzo della temperatura estiva, questo è di vitale importanza per il ghiacciaio, per non subire ablazioni estive troppo forti, in particolare se parte di questa preci-

pitazione cade sotto forma di neve all'inizio e alla fine dell'Estate.

Vi è probabilmente un ulteriore motivo per cui il ghiacciaio del Basodino riesce a superare un po' meglio le estati calde che non gli altri ghiacciai. Nelle situazioni di bel tempo, esso si trova regolarmente nella zona d'ombra di una grossa nube cumuliforme che, data la sua posizione topografica, probabilmente contribuisce a rallentare in una certa misura la fusione anche durante le estati calde. Le considerazioni fatte sopra sono comunque ancora da verificare in dettaglio con ulteriori ricerche e confronti con dati meteorologici.

BIBLIOGRAFIA

- CASARTELLI G., KAPPENBERGER G. & SMIRAGLIA (1996) - *Accumulo e ablazione sui ghiacciai delle Alpi Lombarde e Svizzere: risultati di alcuni bilanci di massa*. Riv. Geogr. It., in stampa.
- CORTI G. & VALLEGGIA C. (1994) - *I ghiacciai delle Alpi Ticinesi*. Foresta viva, 12.
- ISTITUTO SVIZZERO DI METEOROLOGIA (ed. 1991) - *Atlante climatologico della Svizzera (quarto fascicolo)*. Edizioni dell'Ufficio federale di Topografia, Berna.
- KAPPENBERGER G., AELLEN M. & CASARTELLI G. - *Il ghiacciaio del Basodino*. Nimbus, in stampa.
- LABORATORIO DI RICERCHE IDRAULICHE E GLACIOLOGICHE - (VAW, ed. 1994) - *Annuario della commissione dei ghiacciai dell'Accademia Svizzera delle Scienze Naturali*. Politecnico Federale di Zurigo.
- MÜLLER F., CAFLISCH T. & MÜLLER G. (1976) - *Firn und Eis der Schweizer Alpen*. Gletscherinventar. Geogr. Institut Publ. no. 57, Politecnico Federale di Zurigo.
- SPINEDI F. (1981), *Testimonianze glaciali e fenomeni carsici nella regione del Basodino*. Tesi di diploma, Politecnico Federale di Zurigo.