

MANUELA PELFINI*

CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DELLE FLUTTUAZIONI OLOCENICHE DEL GHIACCIAIO DEI FORNI** (Gruppo Ortles-Cevedale, Sondrio)

RIASSUNTO - La nota rappresenta un contributo allo studio delle fluttuazioni glaciali, nell'arco alpino, nell'Olocene ed in epoca storica. Come primo elemento di indagine è stato preso in considerazione il Ghiacciaio dei Forni, appartenente al Gruppo Ortles-Cevedale. La ricostruzione delle variazioni della fronte è stata fatta mediante rilevamento geomorfologico di dettaglio, analisi pedologiche e lichenometriche, datazioni ^{14}C , e consultando documenti storici, cartografici ed iconografici. Sono stati costruiti una curva lichenometrica ed un diagramma tempo-distanza delle variazioni della fronte. Sulla base dei dati sino ad oggi reperiti, sembra di poter individuare tre momenti certi di avanzata, nel 1926, 1913-14 e 1859-60. È stato inoltre evidenziato che la posizione più avanzata olocenica è stata raggiunta in un periodo riferibile al 930-710 a.C. Il Ghiacciaio dei Forni, pur essendo il più grande ghiacciaio delle Alpi italiane, risulta non aver deposto, nell'Olocene, delle grandi morene e soprattutto appare aver risposto con un certo sfasamento alle principali variazioni climatiche recepite dagli altri ghiacciai alpini.

SUMMARY - *Late Holocene fluctuations of Forni Glacier*. This paper is a contribution to the study of glacial fluctuations in the Italian Alps during the Holocene and in historical times. As a first element of investigation the Forni Glacier, belonging to the Ortles-Cevedale mountain group, was considered. The reconstruction of the frontal variations was carried out by means of a detailed geomorphological survey, pedological and lichenometric analysis, carbon-14 dating and through historical, cartographic and iconographic documents consultation. A lichen growth curve and a time/distance diagram of the frontal variations were reconstructed. On the basis of data collected up to the present, it is possible to recognise three major Little Ice Age advances: in 1859-60, 1913-14 e 1926. A previous advance, comparable to the one of 1859-60 was reached during the interval 930-710 B.C.

Although the Forni Glacier is the largest of the Italian Alps, it has not deposited vast moraines during the Holocene and it seems to have responded with a certain delay to the main climatic variations registered by the other Alpine glaciers.

INTRODUZIONE

I ghiacciai alpini, come è noto, reagiscono ai cambiamenti climatici cioè alle variazioni di temperatura e precipitazioni, aumentando o diminuendo le loro dimensioni. Attraverso lo studio di tali fluttuazioni è quindi possibile risalire alle oscillazioni climatiche verificatesi nell'Olocene.

Il Ghiacciaio dei Forni, oggetto di questo lavoro, è il maggiore dei ghiacciai italiani ed è situato nel gruppo Ortles-Cevedale, nelle Alpi Centrali.

Numerose osservazioni sono state fatte su questo ghiacciaio già a partire dalla metà del secolo scorso da numerosi autori, OMBONI (1861), STOPPANI (1865-1880), RICHTER (1888), MARIANI (1905, 1906, 1908, 1912, 1915), ABBADESSA (1955), DESIO

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano.

** Lavoro svolto nell'ambito dell'attività di ricerca della Sezione Glaciologia del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia del C.N.R.



Fig. 1 - Il Ghiacciaio dei Forni visto dal versante destro della valle; sono visibili la morena laterale destra olocenica più esterna a ridosso della lingua glaciale ed in primo piano lembi di morene tardiglaciali.

(1967), BELLONI (1970, 1973) e dal Comitato Glaciologico Italiano attraverso i suoi operatori.

Questa nota vuol rappresentare un contributo allo studio delle fluttuazioni oloceniche dei ghiacciai alpini e raccoglie i primi risultati frutto di una tesi di laurea rielaborati nell'ambito di una ricerca più ampia attualmente in corso, riguardante l'intero gruppo Ortles-Cevedale (versante lombardo e trentino)¹.

Come primo elemento di indagine è stato scelto il Ghiacciaio dei Forni in quanto, grazie alla relativa abbondanza dei dati reperibili sul terreno e storici, consente una più dettagliata ricostruzione dei movimenti frontali. A tal fine sono state applicate indagini di terreno (rilevamento geomorfologico, lichenometria), di laboratorio (datazioni ¹⁴C), analisi bibliografiche, cartografiche ed iconografiche.

Sono state infine utilizzate le misure delle variazioni frontali disponibili in una serie continua a partire dal 1925 sino al 1984.

IL GHIACCIAIO DEI FORNI E LE SUE MORENE

Il Ghiacciaio dei Forni (fig. 1), chiamato anche Vedretta dei Forni, è situato nella porzione SE del Gruppo Ortles-Cevedale ed occupa la valle omonima che risul-

¹ Si ringraziano il Prof. G. Orombelli e il Prof. S. Belloni per l'assistenza scientifica prestata durante lo svolgimento della presente ricerca, per gli utili consigli e per la lettura critica del lavoro.



Fig. 2 - La lingua del Ghiacciaio dei Forni vista dalla parte terminale della Valle di Rosole: sono visibili le morene mediane.

ta per la maggior parte della sua superficie glacializzata, sebbene negli ultimi decenni la lingua del ghiacciaio abbia subito un notevole ritiro.

Il bacino di alimentazione, suddiviso in tre bacini di raccolta minori, è delimitato dallo spartiacque che collega Pizzo Tresero (3594 m) - Punta S. Matteo (3678 m) - Cima di Péio (3549 m) - Punta Taviela (3612 m) - M. Vioz (3645 m) - Palon de la Mare (3703 m).

La lingua del ghiacciaio, relativamente corta e tozza, scende attualmente lungo la valle dei Forni, terminando a quota 2325 m (Carta Tecnica Regionale - Monte Cevedale, dalla levata aerofotogrammetrica del 1982).

Dalla confluenza dei tre bacini principali prendono origine due grosse morene mediane che da quota 2700 m circa scendono sino al limite della fronte glaciale. Altre tre brevi morene mediane sono visibili lungo il tratto occidentale della parte iniziale della lingua stessa (fig. 2).

Il ghiacciaio, lungo circa 5 km (Catasto dei ghiacciai italiani, 1961) ed avente una superficie di circa 13 Km², dà origine al torrente Frodolfo, tributario dell'Adda.

La valle dei Forni, pressochè interamente modellata entro le Filladi di Bormio, mostra un profilo ad U asimmetrico per controllo strutturale esercitato dalla scistosità delle rocce: il versante sinistro è ripido con giacitura a reggipoggio, mentre quello destro è meno acclive.

Nella valle sono presenti alcune morene tardiglaciali ed un apparato morenico olocenico ben conservato (fig. 3), in particolar modo lungo il versante destro; in questo settore si possono distinguere tre principali gruppi di morene concentriche,

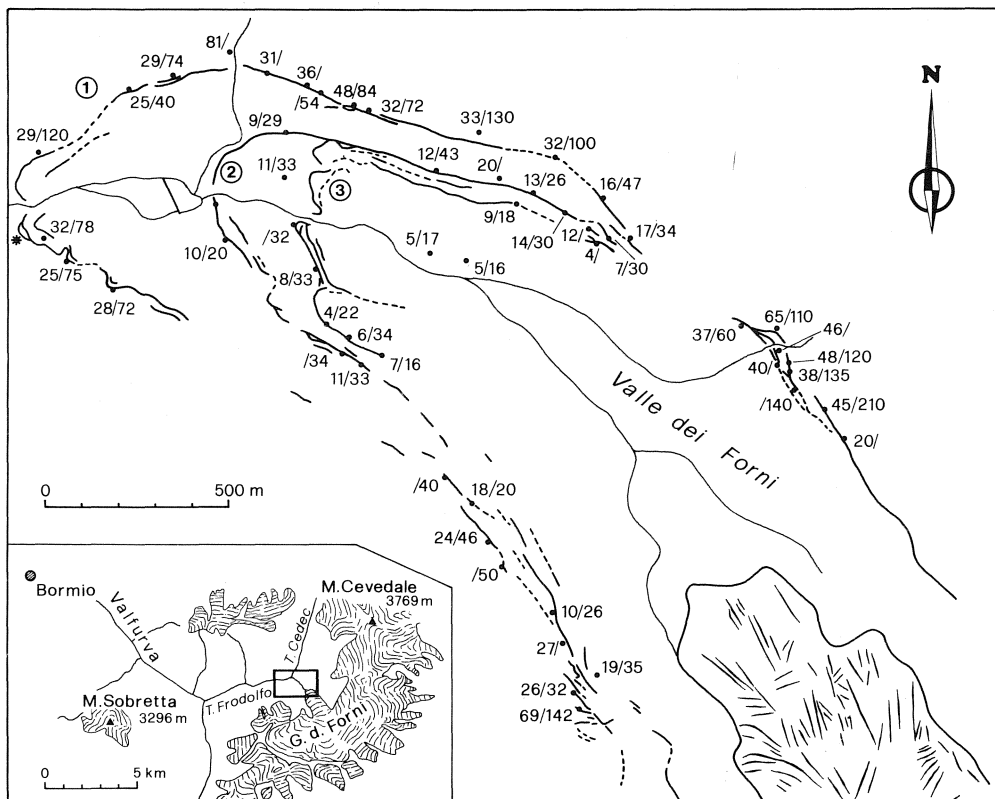


Fig. 3 - Ricostruzione delle morene oloceniche del Ghiacciaio dei Forni. Con la linea continua sono indicate le creste delle morene ben conservate ed evidenti, a tratti le posizioni dei margini glaciali desunte da indizi morfologici. I valori associati alle morene indicano i diametri dei talli lichenici circolari di maggiori dimensioni (*Rhizocarpon geographicum*/*Aspicilia cinerea*). L'asterisco in alto a sinistra indica dove è stato prelevato il campione datato mediante ^{14}C . I numeri cerchiati indicano i tre principali sistemi di morene individuati nella valle. Da OROMBELLI G., PELFINI M., (1985), ridisegnato.

separabili tra loro per diverso grado di inerbimento e di copertura lichenica, per pietrosità superficiale e per sviluppo dei suoli. I cordoni morenici sono spesso costituiti da creste sdoppiate o da più allineamenti addossati di massi, testimoni di successivi accumuli di materiale durante le avanzate storiche e preistoriche della fronte glaciale.

I depositi morenici sono costituiti per lo più da ciottoli, blocchi e massi di filladi e filladi alterate, localmente con matrice sabbiosa e sabbioso limosa.

Tali depositi sono meno evidenti lungo il versante sinistro, dove la presenza di roccia affiorante e l'elevata inclinazione del pendio non ne hanno permesso la conservazione.

Nel tratto frontale le morene laterali destre più esterne sono conservate nei pressi dell'ex Albergo Ghiacciaio dei Forni, appena a monte del termine della strada proveniente da Santa Caterina Valturva.

FONTI DEI DATI

La storia recente del Ghiacciaio dei Forni è stata ricostruita attraverso l'analisi di documenti storici, cartografici ed iconografici, fotointerpretazione, indagini geomorfologiche di terreno, datazioni radiometriche e lichenometriche.

Fonti storiche

Il Ghiacciaio dei Forni è stato ritratto e descritto di frequente negli ultimi due secoli sia per l'interesse suscitato, sia per la relativa facilità con cui poteva essere raggiunto dall'abitato di Santa Caterina Valfurva.

Ampie descrizioni della lingua e delle morene laterali e mediane, nonché della fronte in relazione alla posizione assunta rispetto all'Albergo dei Forni, vengono riportate da diversi autori a partire dalla metà dell'800.

Relativamente varia è la cartografia, importante fonte di dati, in base alla quale è possibile ricostruire la posizione della fronte del ghiacciaio, le sue dimensioni e le sue eventuali fluttuazioni.

Le prime carte geografiche relative alle Alpi Retiche risalgono al XVI secolo ma la rappresentazione è alquanto approssimata e grossolana: la prima carta nella quale compare il nome di Forni M. è la «Carta del Contado di Bormio» incisa nel 1637 da Hans Conrad Schnierl (VIAZZI, 1981) che presenta tuttavia scale diverse per il Contado di Bormio e per le zone limitrofe, dando così un effetto aberrante della situazione.

Le carte del XVII e XVIII secolo sono sempre disegnate a scala molto ridotta e non riportano particolari fisici essendo il loro fine unicamente quello di rappresentare l'ubicazione delle valli, degli abitati ed il loro accesso.

Inoltre, generalmente, le antiche carte e le vecchie mappe non sempre sono attendibili in quanto molte di esse sono realizzate ad una scala che non consente di trarne dati o misure sufficientemente precise; altre riprendono le precedenti unicamente con l'aggiunta di alcuni particolari. È soltanto a partire dalla prima metà del secolo XIX, con la carta topografica del Regno Lombardo Veneto del 1833, che si inizia ad avere una rappresentazione dei ghiacciai. Da questa carta in poi è possibile trarre utili informazioni da tali documenti in quanto, essendo registrata la posizione della fronte, è possibile valutare la distanza della medesima da particolari topografici sicuramente identificabili.

I documenti iconografici, purtroppo non antecedenti al XIX secolo, sono indubbiamente di grande ausilio per una ricostruzione delle variazioni della fronte del ghiacciaio in quanto descrivono con ricchezza di particolari la situazione del momento in cui il ghiacciaio veniva ritratto.

Le stampe relative al Ghiacciaio dei Forni non sono né numerose né esenti da errori per la soggettività che le accompagna. Gli angoli di paesaggio in esse raffigurati permettono di identificare la zona riprodotta e di valutare le caratteristiche dei ghiacciai ma spesso non rendono possibile una precisa misurazione delle distanze tra la fronte del ghiacciaio ed i punti di riferimento.

Anche per questi documenti, come per molte carte topografiche, spesso non è precisabile la data della realizzazione del disegno o del rilevamento ma unicamente la data di stampa. Pertanto il più delle volte il documento iconografico fornisce soltanto un'età minima per la situazione ritratta.

Numerose sono le fotografie a partire dalla metà del secolo scorso. Si tratta di documenti di indubbia validità poichè fermano l'immagine senza possibilità di

errore, salvo le difficoltà di interpretazione dovute agli effetti prospettici, e una cronologia precisa.

Spesso, inoltre, tali riproduzioni fotografiche venivano ritoccate, alterando così l'immagine, ma accentuando alcuni particolari utili alla loro identificazione mediante confronto con foto attuali. Dai primi anni del secolo il Ghiacciaio dei Forni è stato sistematicamente fotografato (DESIO, 1967) anche da «stazioni fotografiche» di controllo ancora attualmente reperibili.

Attraverso un esame critico ed un controllo dei dati, è comunque possibile ottenere utili informazioni; cosicchè si può stabilire la posizione della fronte in alcuni determinati periodi e trovarne corrispondenza con evidenze morfologiche conservatesi sino al presente.

In questa ricerca l'analisi delle fonti storiche viene utilizzata in appoggio al metodo lichenometrico per la ricostruzione dell'età delle morene. In particolare un elemento geografico quasi sempre rinvenibile nei documenti storici presi in esame ed indubbiamente molto rilevante per ricostruire attraverso carte ed immagini le fasi di avanzata e di ritiro del Ghiacciaio dei Forni degli ultimi decenni, è costituito dalla confluenza del torrente Cedec, proveniente dalla valle omonima (tributaria destra di quella dei Forni) nel torrente Frodolfo.

Tale confluenza infatti non era visibile durante le fasi di progresso del ghiacciaio che ostruiva lo sbocco della val Cedec, costringendo il torrente a scorrere sotto la parte terminale della lingua e ad unirsi alle acque di fusione glaciale prima che queste sgorgassero dalla porta del ghiacciaio con il nome di T. Frodolfo.

Al fine inoltre di stabilire lo stato di alimentazione del ghiacciaio e di confermare le fasi di regresso e progresso è stato utile prendere in considerazione anche la colata dell'Isola Persa, un lobo minore alla sinistra della lingua principale, inizialmente fuso con il ghiacciaio e successivamente isolatosi con il ritiro della lingua stessa.

Indagini geomorfologiche e metodi di datazione

Una fonte di informazioni circa le fluttuazioni del Ghiacciaio dei Forni è fornita dall'apparato morenico che lo fiancheggia. La buona conservazione degli argini morenici ed i loro rapporti geometrici consentono già di per sè una ricostruzione cronologica relativa. Oltre alla distribuzione spaziale delle morene, è stato preso in considerazione lo sviluppo dei suoli sia sui valli inerbite sia nelle zone prospicienti le varie cerchie moreniche concentriche.

Le morene di età sconosciuta sono state datate attraverso la lichenometria; a tal proposito sono stati utilizzati i licheni del gruppo *Rhizocarpon geographicum* e del gruppo *Aspicilia cinerea*, per i quali sono state ricavate due diverse curve di crescita. Sebbene l'accrescimento delle «specie» prese in esame sia funzione di numerosi fattori ambientali, si ritiene che le indagini effettuate su ampie superfici e su numerosi campioni abbiano consentito di eliminare l'effetto della variabilità litologica, microclimatica e microambientale², consentendo di individuare con ogni probabilità i talli lichenici cresciuti nelle condizioni ottimali.

Particolare cautela è stata usata nella raccolta dei dati lichenometrici (effettuata nell'estate 1983) utilizzati per la costruzione della curva di accrescimento e per la

² L'accrescimento di *Rhizocarpon geographicum* in funzione della natura litologica della superficie del substrato e della esposizione era già stata studiata in Valfurva da BELLONI (1971, 1973).

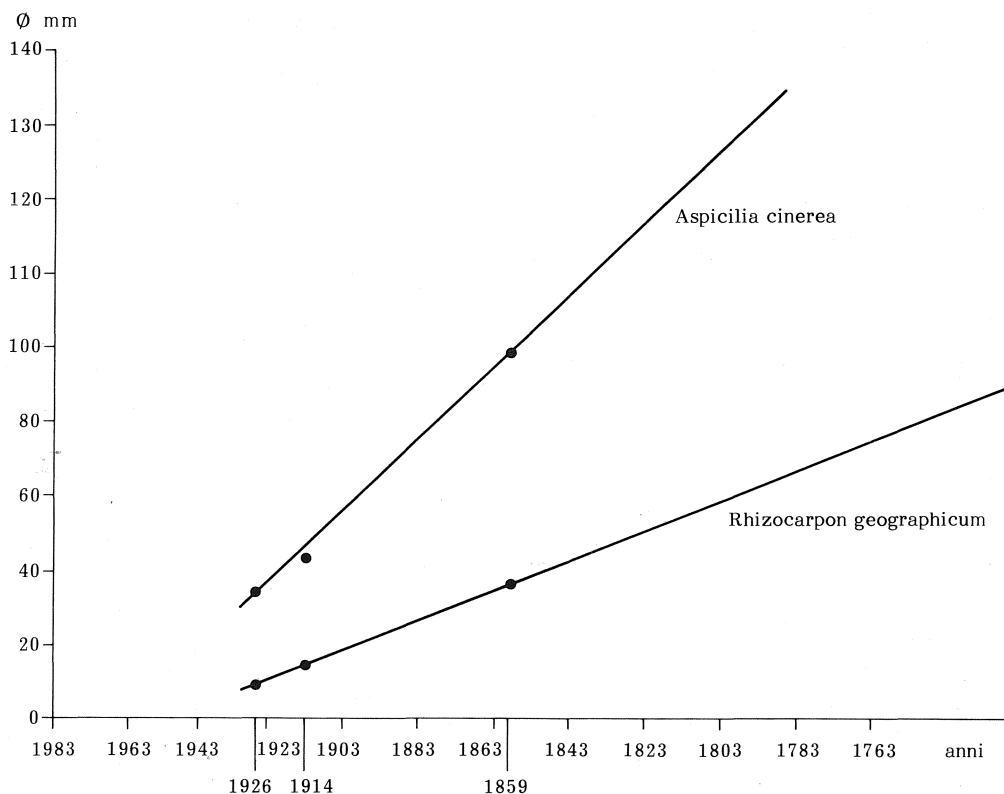


Fig. 4 - Curva di accrescimento lichenico per la Valle dei Forni. In ascissa sono posti gli anni a partire dal 1983 (anno del rilevamento), in ordinata i diametri dei talli lichenici espressi in millimetri.

datazione dei depositi, onde evitare l'inquinamento dei dati stessi dovuto alla presenza di licheni alloctoni, cioè sviluppatasi su massi e blocchi di frana e di valanga e di licheni la cui crescita sia stata favorita da ambienti particolarmente favorevoli (es. presenza di acqua, ecc.).

Questo tipo di analisi permette di risalire ad una età minima di deglaciazione, cioè un'età minima di deposizione per la morena, in quanto, di norma, la colonizzazione da parte dei licheni ha luogo solo dopo la stabilizzazione del deposito stesso.

L'età lichenometrica è stata calcolata misurando il diametro minimo del tallo lichenico di forma circolare, isolato, di maggiori dimensioni, reperito sulla superficie dei massi e dei blocchi costituenti il deposito morenico. Dove non è stato possibile pervenire ad una datazione per la scarsità dei dati, il metodo è stato utilizzato per una cronologia relativa ottenuta confrontando l'ordine di grandezza dei talli ed il grado di copertura della morena con quello dei depositi vicini.

Poichè per la costruzione di una curva di crescita lichenometrica è necessario conoscere l'età di esposizione di alcune superfici, a cui associare i dati lichenometrici rilevati, sono state usate come punti di controllo, e quindi come elementi cronologici, alcune posizioni del ghiacciaio datate in base a documenti storici; a queste si è fatto corrispondere il massimo diametro lichenico misurato nello stesso luogo o appartenente alla medesima unità morfologica.

È stata così ricavata una curva di crescita³ (fig. 4), mediante la quale è possibile, per interpolazione e ragionevole estrapolazione dei dati, risalire all'età di una qualsiasi morena della stessa valle, di età ignota. Abbastanza difficoltosa e problematica si è rivelata la costruzione di questa curva, soprattutto per la mancanza di substrati rocciosi sufficientemente estesi e dei quali fosse nota con precisione l'età di esposizione. L'analisi critica dei documenti storici ed iconografici sino ad oggi reperiti e che permettono la datazione dei depositi, ha rivelato una situazione di incertezza circa l'attribuzione cronologica di alcune posizioni assunte dal ghiacciaio. La cerchia morenica più interna può essere ritenuta, in base alle descrizioni ed alle fotografie contenute in DESIO (1967), deposta e definitivamente abbandonata dal ghiacciaio nel 1926.

Il sistema intermedio di morene, a giudicare dalle descrizioni, deve essere stato deposto agli inizi di questo secolo, come indicato da MARIANI (1915), il quale attribuisce al ghiacciaio due diverse fasi di arresto e di debole avanzata, rispettivamente nel 1903-1904 e nel 1913-1914.

I depositi morenici più esterni infine, sulla base della testimonianza di OMBONI (1861) dovrebbero essere stati abbandonati almeno a partire dal 1859.

Il versante interno di morene parzialmente franate ha consentito inoltre di ritrovare suoli sepolti e paleosuoli contenenti materiale organico suscettibile di datazione con radiocarbonio. Sono stati aperti inoltre alcuni scassi, sempre al fine di reperire materiale per datazioni ¹⁴C; tra questi uno, aperto a valle di una coppia di archetti morenici frontali posti dinanzi all'ex Albergo Ghiacciaio dei Forni, ha fornito materiale torboso la cui datazione ha consentito di ricollegare la massima avanzata olocenica del Ghiacciaio dei Forni alla fase di avanzata glaciale culminata intorno a 2800 - 3000 anni B.P. (OROMBELLI e PELFINI, 1985).

Considerazioni sulla costruzione della curva lichenometrica

Tenendo conto dei massimi valori lichenici⁴ rilevati sui tre sistemi morenici, rispettivamente di 9/34 mm per la morena più interna (3) di fig. 3, 14/43 mm per la morena intermedia (2) di fig. 3 e di 36/100 mm per la morena più esterna (1) di fig. 3, si ottiene un buon allineamento dei tre valori, in particolare di *Rhizocarpon geographicum*, lungo una retta in un diagramma a scala aritmetica qualora i depositi intermedi vengano datati al 1913-1914.

L'attribuzione invece della data 1904 alla morena intermedia, porterebbe ad una variazione della inclinazione della curva, da cui deriverebbe una data 1819 per la morena più esterna. Tale data, pur presentandosi in accordo con il comportamento di molti ghiacciai in quel periodo, non è tuttavia documentata per il Ghiacciaio dei Forni da alcuna prova di carattere storico.

È quindi evidente che, allo stato attuale delle conoscenze, non è possibile stabilire se i depositi morenici più esterni debbano essere riferiti agli inizi del 1800 od alla metà del XIX secolo.

³ Una curva di accrescimento lichenico per la Valle dei Forni era già stata ricavata da BELLONI (1971) utilizzando criteri un poco differenti; in base a tale curva il fattore lichenico, per la Valle dei Forni era di 23,8 mm 10⁻² a⁻¹.

⁴ Il primo numero indica il diametro degli individui del gruppo *Rhizocarpon geographicum*, il secondo quello degli individui del gruppo *Aspicilia cinerea*.

Non potendo valutare l'attendibilità delle notizie fornite dall'OMBONI e dallo STOPPANI si segnala per ora la possibilità di costruzione di due curve, pur ritenendo quella costruita prendendo come punti di riferimento le date 1926 (DESIO, 1967) e 1859 (OMBONI, 1861), la più verosimile. Su questa curva non troverebbe però collocazione la debole avanzata del 1904 segnalata dal MARIANI.

Probabilmente le due avanzate del 1904 e del 1913-1914 hanno raggiunto all'incirca la stessa posizione. È possibile quindi che la fase che ha depositato l'arco frontale attribuito al 1913-1914 abbia distrutto o mascherato quello osservato da MARIANI (1905) nel 1904. Questa interpretazione bene si inquadra nella curva lichenometrica proposta in questa nota.

Resta comunque possibile anche la seconda interpretazione, che solo il ritrovamento di altri documenti storici o un quadro locale più esauriente, costruito sulla base delle ricerche tuttora in corso sulle variazioni oloceniche dei ghiacciai del gruppo Ortles-Cevedale, potrà meglio chiarire.

LE PRIME AVANZATE

Le morene laterali e frontali del Ghiacciaio dei Forni sono costituite da depositi recenti, corrispondenti a fasi di avanzata glaciale relative agli ultimi secoli. Le più esterne tuttavia contengono depositi attribuibili a fasi decisamente precedenti. In riferimento a quanto attualmente rilevabile sul terreno, sulla base della datazione del centimetro basale dell'accumulo di torba formatasi a seguito dello sbarramento di una depressione nel substrato, ad opera della morena olocenica più esterna deposta dal Ghiacciaio dei Forni (* di fig. 3), è possibile affermare che la massima espansione in lunghezza della lingua del ghiacciaio stesso, si sia verificata immediatamente prima di 2670 ± 130 anni ^{14}C , corrispondenti a 2750 anni calendario. Tale età, ad una deviazione standard, risulta compresa tra 2660 e 2880 anni calendario dal presente (930 - 710 a.C.) (OROMBELLI e PELFINI, 1985).

Questa fase di avanzata è collocabile alla fine del Subboreale (secondo lo schema cronologico proposto da MANGERUD, 1982) o comprende anche l'inizio del Subatlantico (secondo lo schema cronologico proposto da GAMPER e SUTER, 1982). Si tratta della prima conferma in Italia di una avanzata glaciale verificatasi in questo intervallo di tempo. La morena che ha sbarrato la vallecola rappresenta quindi la massima espansione del Ghiacciaio dei Forni durante l'intero Olocene. A valle di tale arco morenico, sul quale si è sviluppato un suolo nettamente più evoluto di quello posto sull'arco morenico immediatamente retrostante, non esiste infatti traccia di ulteriori accumuli morenici.

FLUTTUAZIONI STORICHE

Nella Valle dei Forni sono state osservate morene laterali esterne, sul versante sinistro ad una quota di circa 2400 m, nei pressi della colata dell'Isola Persa, sul versante destro sotto le Baite dei Forni e a valle del Rifugio Branca; tali depositi, sulla base della copertura lichenica e delle dimensioni degli individui di *Rhizocarpon geographicum*, sono stati attribuiti alla Piccola Glaciazione (secoli XV-XIX).

Il massimo diametro osservato per le morene sottostanti la colata dell'Isola Persa è di 69 mm (*Rhizocarpon geographicum*) e corrisponde, se riferito alla curva lichenometrica proposta, al 1776 mentre per la morena sottostante il Rif. Branca e le Malghe dei Forni, è di 48 mm e riporta al 1828 circa. Questi lembi morenici

quindi metterebbero in evidenza avanzate glaciali culminate sul finire del XVIII secolo e negli anni 20 del XIX secolo, configurando un ghiacciaio un poco più largo ma un poco meno esteso di quanto non fu durante la successiva fase di avanzata culminata intorno alla metà del secolo XIX. Tale fatto sarebbe confermato dalla assenza di morene terminali frontali corrispondenti a tali fluttuazioni positive della lingua del ghiacciaio.



Fig. 5 - Stralcio della «Carta topografica del Regno Lombardo Veneto» dell'I.R. Stato Maggiore Generale Austriaco del 1833 (Biblioteca dell'Istituto Geografico Militare di Firenze).

Le successive variazioni della fronte del ghiacciaio sono meglio note grazie alla documentazione storica, cartografica ed iconografica raccolta.

Intorno al 1830 in base alla Carta dello Stato Maggiore Generale Austriaco (1833), il Ghiacciaio dei Forni si trovava in una fase di ritiro probabilmente già

in atto da alcuni anni (fig. 5). La lingua del Ghiacciaio dei Forni, chiamato nella carta Vedretta di Forno, presenta una superficie nettamente più bassa rispetto alla morena laterale destra e si arresta prima della confluenza nel Frodolfo del torrente Cedec, che appare scorrere tra il versante destro della valle ed una fascia di depositi detritici circondante la fronte del ghiacciaio stesso. Quest'ultima risulta frastagliata, con abbondante copertura detritica sopragliaciale, appena intaccata da una rientranza ed accenna appena a dividersi in due lobi. Nell'insieme questa rappresentazione cartografica mostra il ghiacciaio in una sua fase di ritiro, in posizione arretrata e nettamente più bassa rispetto a quella della successiva massima avanzata raggiunta in tutta la Piccola Glaciazione.

Successivamente infatti si verificò un periodo di costante progresso, testimoniato dalla Mappa Catastale del 1844 del «Comune Censuario di Valfurva ossia S. Nicolò ed Uniti». Nella mappa infatti il corso d'acqua orientato NNW-SSE, identificabile con il torrente Cedec, risulta completamente interrotto dalla fronte del ghiacciaio che si protende verso W per ulteriori 400 metri circa. Lo stesso sbocco della Val Cedec risulta ostruito.

In base alle diverse edizioni⁵ reperite presso il Comune di Bormio e presso l'Archivio di Stato di Milano, si ritiene che il ghiacciaio tra il 1832 ed il 1844 abbia subito un progresso di almeno 40 metri. Questa fase di progresso culminò intorno al 1859 (OMBONI, 1861), periodo nel quale il ghiacciaio probabilmente depose la morena più esterna (1) di fig. 3. Durante la visita di OMBONI il torrente Cedec, indicato con il nome di Frodolfo appariva infatti interrotto nel suo corso e «costretto a passare sotto al ghiacciajo e a sortire per quella apertura che è detta Forno». Inoltre da informazioni assunte, sempre dall'OMBONI, a S. Caterina Valfurva il ghiacciaio «era alcuni anni prima meno lungo» e «più anticamente lo era ancor meno così che gli fu costruita davanti una chiesa, la quale fu poi distrutta e coperta dal ghiacciajo quando cominciò ad allungarsi». Di quest'ultimo fatto non è però stata trovata conferma in opere storiche di carattere locale.

Nel 1864 il Ghiacciaio dei Forni era già in fase di ritiro, come testimoniato da STOPPANI (1865, 1880), il quale fa inoltre riferimento ad una rotta glaciale avvenuta nel 1864 che portò blocchi di ghiaccio di notevoli dimensioni sino a Santa Caterina Valfurva. Dalle descrizioni della lingua glaciale già separata di parecchi metri dalla cerchia morenica, si deduce che il Ghiacciaio dei Forni era posto in posizione più bassa rispetto alle morene laterali e la sua fronte era verosimilmente arretrata rispetto alla massima posizione raggiunta. Il ritiro proseguì quasi ininterrotto sino al 1898; tuttavia in questo intervallo fu deposto anche un piccolo archetto frontale, attualmente solo debolmente visibile sul terreno, parallelo alla morena principale più esterna, posto a pochi metri di distanza dalla medesima. Tale archetto è stato probabilmente deposto in una fase di arresto del processo di ritiro verificatasi tra il 1864 e il 1873 come descritto da MARIANI (1912).

Il periodo di stasi può essere riconosciuto anche nella carta di PAYER (1869), rilevata nel 1867, quando il ghiacciaio, sebbene più ritirato rispetto alla mappa catastale del 1844, mostrava uno stato di buona alimentazione (fig. 6). Infatti in base alla carta suddetta, la fronte del Ghiacciaio dei Forni sembra sovrapporsi al torrente Cedec per un tratto stimabile al massimo 280-300 metri. La fronte del ghiacciaio è rappresentata con aspetto convesso, più allungata e prominente nel settore meri-

⁵ Il ritrovamento di queste mappe è risultato di decisiva importanza per stabilire lo stato del ghiacciaio nella prima metà dell'Ottocento.

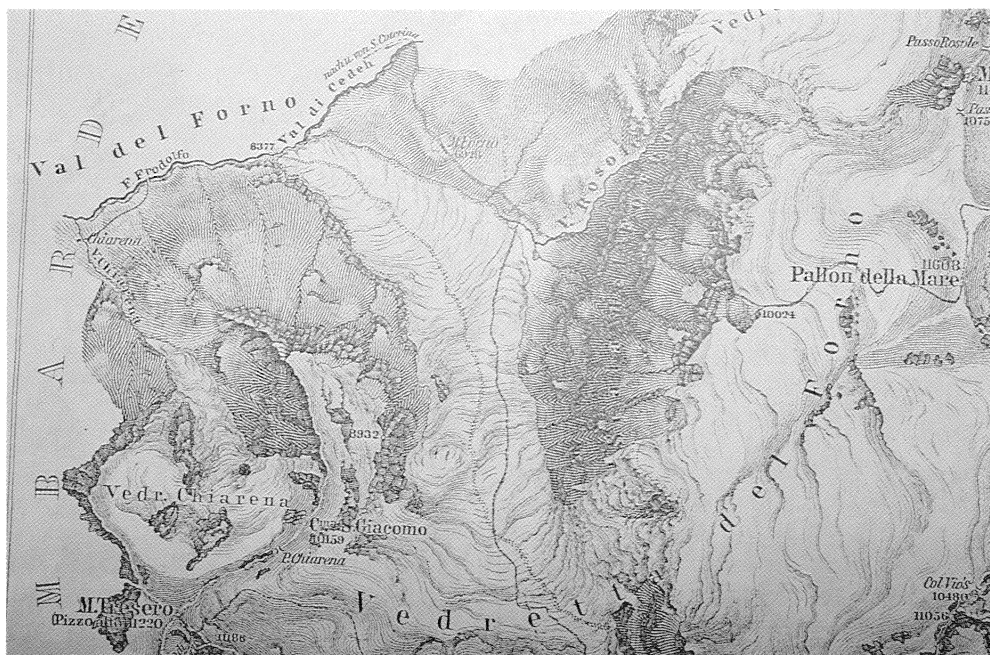


Fig. 6 - La «Vedretta del Forno» dalla «Originalkarte der Südlichen Ortler-Alpen» rilevata nel 1867 da J. Payer (Biblioteca del Club Alpino Italiano di Milano).

dionale e debolmente articolata in alcuni lobi poco pronunciati. La posizione della lingua sembra essere un poco più avanzata rispetto al documento del 1833 e il volume del ghiacciaio sembra comunque un poco maggiore. Tale dato appare confermato dalla rappresentazione delle zone affioranti nel bacino di alimentazione (PAYER, 1869). Nel 1873 comunque la posizione della fronte era stata stimata da STOPPANI (1880) arretrata di 180 metri rispetto alla morena più esterna.

Circa questa fase di arresto o di riduzione nel ritiro, una conferma è fornita dalla stampa «Ghiacciaio del Forno sopra Santa Caterina in Val Furva» contenuta ne «Il Bel Paese» di STOPPANI (1876) che ritrae la situazione del ghiacciaio in una data compresa tra il 1863 e il 1873; in tale stampa la lingua appare particolarmente gonfia e rilevata e sembra fiancheggiare il sentiero che attualmente porta al Rifugio Branca.

La fase di generale e continuo ritiro appare in accordo con le misure effettuate da POGLIAGHI e con la carta I.G.M. 1885. Nella Carta di POGLIAGHI (1883) la fronte del ghiacciaio è riportata a quota 2025 m e ostruisce parzialmente lo sbocco della Val Cedec, interrompendo per un breve tratto il torrente omonimo. Presenta forma subellittica regolare, con una intaccatura sul lato sinistro ed un lobo un poco più pronunciato. In questa carta la colata dell'Isola Persa non si unisce più al ghiacciaio ed è già bene individualizzata.

Nella prima edizione I.G.M. 1895 «Tavolette Monte Cevedale e Santa Caterina Valfurva F 9 III NO-NE e SO-SE» in scala 1:25000 la fronte è riportata a quota 2161 m. La forma della fronte e della lingua, rappresentata con isopse regolarmente

convesse verso valle, denota un aspetto rigonfio e prominente del ghiacciaio che testimonia una condizione di buona alimentazione confermata anche dal fatto che essa appare sgombra da detriti e da copertura morenica.

Nella carta del DEUTSCHEN UND OESTERREICHISCHEN ALPENVEREIN (1891) (derivata probabilmente dalla tavolette I.G.M. del 1885), la fronte del Ghiacciaio dei Forni interrompe appena il torrente Cedec, appare sgombra da detriti e affusolata. La carta nel complesso mostra uno stato generale di smagrimento nel ghiacciaio, specie nel bacino di alimentazione.

Ulteriormente arretrata sembra essere la fronte del ghiacciaio nella carta I.G.M. F. 9 Monte Cevedale in scala 1:75000 del 1892 sebbene la scala non consenta osservazioni sufficientemente precise.

Da un album di fotografie appartenenti alla Famiglia Clementi di Bormio, datate 1893, sono state tratte alcune immagini significative che confermano lo stato del ghiacciaio piuttosto alto in spessore e sopraelevato rispetto al sentiero che conduce all'attuale rifugio Branca (tanto che la laterale Valle di Rosole sembra confluire in quella dei Forni alla stessa altezza della superficie del ghiacciaio). La lingua doveva tuttavia essere più corta che negli anni precedenti come dimostrerebbero alcune foto raffiguranti roccioni scoperti e sgombri da ghiaccio, ubicabili a valle delle Baite dei Forni. Si tratta delle prime foto reperite che ritraggono particolari del Ghiacciaio dei Forni.

Ancora rigonfio ma arretrato rispetto allo sbocco della val Cedec appare il ghiacciaio nella stampa contenuta in «Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins 1898 Band XXIX» intitolate rispettivamente: «Cascina dei Forni (Ostera Buzzi) mit Palon della Mare» e «Frodolofbrücke oberhalb der Malga del Forno» (attribuibili al 1897 circa). Tale situazione è in accordo con il testo, dal quale si evince che la stessa Val Cedec risulta libera dal ghiaccio ed il torrente omonimo poteva essere superato già da alcuni anni solo per mezzo di un ponte costruito su di esso.

Una stampa senza didascalia raffigurante la lingua del Ghiacciaio dei Forni e le cime circostanti contenuta nella medesima rivista (1898) e allegata alla pubblicazione «Aus der Südlichen Ortlergruppe von E.T. Compton» fornisce una ulteriore conferma, ubicando la fronte all'incirca in prossimità dell'attuale Torrente Cedec.

MARIANI (1905, 1906) constata per gli anni 1896-1897 un rallentamento nel ritiro del ghiacciaio che nel 1895 si trovava 30 m a valle rispetto alla situazione del 1906. Tra il 1898 e il 1904 (MARIANI 1906, 1912) il Ghiacciaio dei Forni manifestò una fase di arresto e probabilmente avanzò leggermente, sebbene non sia stato possibile accertare di quanto. A conferma di una avanzata MARIANI (1905) sostiene che nel 1904 il ghiacciaio presentava «presso a poco le stesse dimensioni del 1898...» e parla di un cordone morenico posto a 25 m di distanza dalla fronte in aggiunta a quelli osservati da STOPPANI. Nella tavoletta I.G.M. F. 9 III NO-NE, III SO-SE in scala 1:25000 del 1908 si nota una brusca deviazione del torrente Cedec che potrebbe indicare l'effettiva esistenza di un argine morenico in prossimità dell'attuale lago della diga, ove attualmente si osserva un argine morenico che, sulla base dei diametri dei licheni è stato attribuito al 1913-1914.

Per gli anni 1905, 1907 e 1908, MARIANI (1908, 1912) parla di un periodo di ritiro senza sosta sebbene più ridotto rispetto alla fase di ablazione degli anni 90. MARIANI inoltre sottolinea l'ablazione verticale con diminuzione della inclinazione della fronte sul lato destro e lo smagrimento laterale del ghiacciaio con distacco medio dal cordone laterale destro di m 7 in tre anni (1904-1906) e l'aumentata erosione verticale sul lato sinistro nel 1907, che portò allo scoperto per circa un metro la parete rocciosa a contatto con il ghiacciaio. MARIANI (1912) stima l'arretramento



Fig. 7 - Il Ghiacciaio dei Forni in una foto degli inizi del secolo. Sono evidenti le due morene mediane e la morena laterale destra olocenica più esterna attribuibile al 1869. In primo piano l'ex Albergo Ghiacciaio dei Forni, importante punto di riferimento nei documenti iconografici per valutare le variazioni frontali del ghiacciaio. (Collezione privata Schena, Sondrio).

medio della fronte dal 1905 al 1908 di m 12 e dal 1908 al 1911 di m 20 sebbene con disuguale intensità su tutta la fronte.

Il 9 agosto 1911 si verificò una rotta glaciale (MARIANI, 1912), la seconda dopo quella citata dallo Stoppani. Il ritiro nel 1912 fu appena sensibile (MARIANI, 1915) e si arrestò nel 1913 (MARIANI, 1915) anno durante il quale si manifestò un avanzamento nella zona mediana, confermato anche per il 1914, del quale però non viene data alcuna misura.

L'avanzata datata 1913-1914 ebbe luogo dopo il breve arretramento manifestatosi tra il 1905 e il 1908-11. Numerosi sono i documenti fotografici relativi ai primi anni del secolo XX. Alcuni di questi, contenuti nella edizione 1908 de «Il Bel Paese» di STOPPANI, evidenziano un grosso accumulo di massi posto dinnanzi alla fronte. L'illustrazione, sicuramente anteriore al 1908, mostra una fronte piuttosto appiattita e leggermente avanzata rispetto ai documenti iconografici attribuibili al 1910 circa.

L'unica foto sicuramente datata è la «Vedretta dei Forni e l'Albergo al ghiacciaio dei Forni» di Rocca (DESIO, 1967) scattata nell'estate 1910 da una stazione fotografica posta lungo il sentiero che conduce al Rifugio Branca. In essa la lingua del ghiacciaio appare particolarmente appiattita e crepacciata mentre la fronte è nascosta alla vista dall'albergo. Confrontando questa fotografia con la realtà attuale dal medesimo punto di vista si può desumere che il ghiacciaio giungesse con la propria fronte poco a monte del dosso roccioso posto nei pressi della attuale diga ma che avesse una superficie più bassa della morena laterale destra intermedia. Le altre



Fig. 8 - La morena più interna (3) (di fig. 3) della valle dei Forni. Deposta nel 1926 presenta una superficie priva o povera di vegetazione ed una copertura lichenica appena incipiente (massimi diametri osservati: *Rhizocarpon geographicum* mm 9; *Aspicilia cinerea* mm 34).

vedute del ghiacciaio sono state datate attraverso un confronto con quest'ultima immagine.

Una stampa a colori «Forni Gletscher» (collezione Padre Ireneo Simonetti, Morbegno), attribuibile al primo decennio del '900 e scattata probabilmente da un punto del sentiero che conduce al Rifugio Pizzini, mostra la fronte del ghiacciaio piuttosto appiattita, leggermente più arretrata e coperta da detriti; sembrerebbe quindi un poco anteriore al 1910.

Alcune immagini del ghiacciaio appartenenti alla collezione Schena (Sondrio) (fig. 7), attribuibili al 1910 o agli anni immediatamente successivi, risultano piuttosto simili alla foto in DESIO (1967), con la sola differenza che il ghiacciaio appare un poco più rigonfio e meno depresso e la fronte regolarmente espansa.

Tra i vari documenti reperiti, per altro di scarsa utilità, vi è la carta topografica di GALLI (1910) in scala 1:50000 dove la posizione della fronte del Ghiacciaio dei Forni risulterebbe più avanzata rispetto al rilevamento del 1908 dell'I.G.M. e di scarsa importanza sembra anche la carta del MILITAR GEOGR. INSTITUT WIEN (1911), dove tuttavia la fronte del ghiacciaio è posta nei pressi del torrente Cedec che sembra lambire. La mancanza della data di rilevamento non permette di effettuare valutazioni precise.

Le vicende del Ghiacciaio dei Forni nel periodo tra il 1915 e il 1925 non sono documentabili per l'assenza o il non reperimento dei dati.

Nel 1925-1926 DESIO (1967) testimonia una avanzata del ghiacciaio che depose

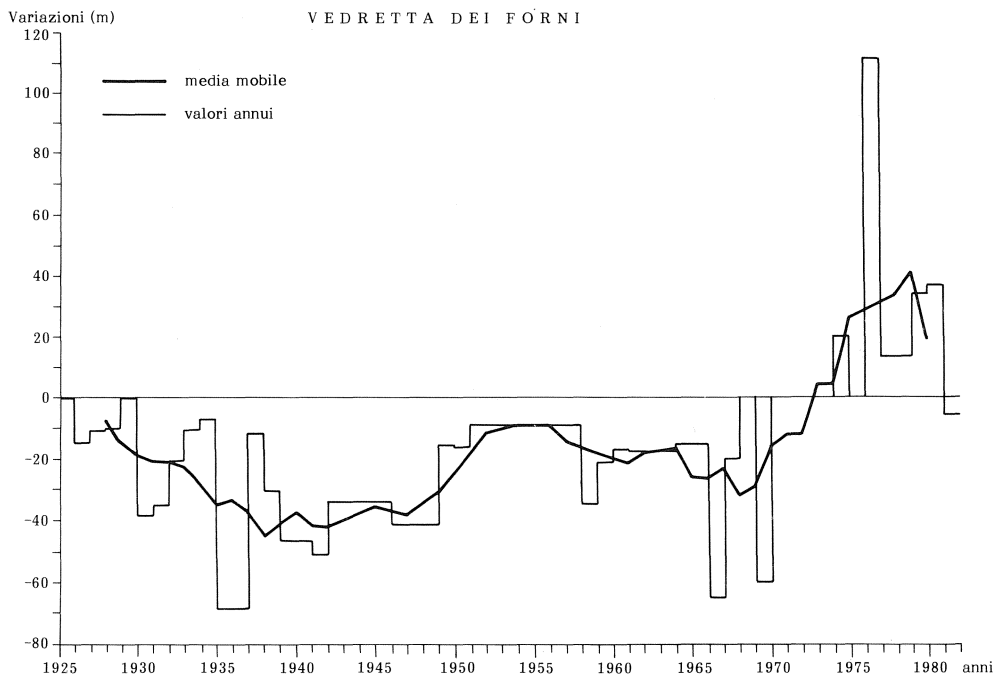


Fig. 9 - Le oscillazioni frontali del Ghiacciaio dei Forni dall'anno 1925 all'anno 1981, desunte dalle misure degli operatori del Comitato Glaciologico Italiano. Sull'asse delle ascisse sono riportati gli anni, su quello delle ordinate gli spostamenti frontali annui espressi in metri.

la cerchia morenica più interna. È indubbio che il ghiacciaio negli anni precedenti doveva aver subito un notevole ritiro (fig. 8).

Le uniche fotografie rinvenute (collezione Schena) attribuibili circa al 1925, mostrano di nuovo una fronte discretamente rilevata e rigonfia, dai margini regolari e non frastagliati, indicativi di condizioni di progresso o comunque di non rapido regresso. In una delle foto sembra essere visibile un cordone morenico di spinta di recente deposito, in accordo con le osservazioni di DESIO (1967).

Dal 1925 le variazioni della fronte del Ghiacciaio dei Forni e della maggior parte dei ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale, sono state misurate con continuità e pubblicate sul *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano*. I dati sino al 1965 sono stati raccolti e rielaborati da DESIO (1967).

Dal 1966 in poi i dati relativi alle variazioni sono reperibili sul *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* e, dal 1978 nella rivista *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*.

Le recenti rilevazioni denunciano che nel 1969 il ghiacciaio rimase stazionario; seguì poi un modesto ritiro sino al 1970, anno dopo il quale il Ghiacciaio dei Forni manifestò una inversione di tendenza, con una netta avanzata pari a 288 m sino al 1981; successivamente il ghiacciaio sembra essere tornato a ritirarsi.

I dati relativi alle variazioni annuali sono rappresentati nella fig. 9; la fig. 10 rappresenta la curva tempo-distanza del Ghiacciaio dei Forni.

Documenti storici utilizzati per la ricostruzione delle fluttuazioni del Ghiacciaio dei Forni

c=Carta Topografica; f=Fotografia; s=Stampa; d= Documento Scritto

Data	Tipo di documento	Fonte
1833 (ante)	c	Carta Topografica del Regno Lombardo-Veneto
1844	c	Mappa catastale
1851 (ante)	c	Carta Geografica e Postale del Regno Lombardo-Veneto
1859 (ante)	c	Gran Carta Corografica Itineraria e Statistica del Regno Lombardo-Veneto
1859-1860	d	OMBONI (1861)
1864 (ante)	d	MARIANI (1912)
1864	d	STOPPANI (1865-1880)
1864	d	MARIANI (1906)
1865	d	STOPPANI (1865)
1867	c	Originalkarte der Südlichen Ortler-Alpen
1872	c	Karte der Centralen Ortler-Gruppe
1873	d	STOPPANI (1880)
1873	d	MARIANI (1906-1912)
1875 (ante)	s	STOPPANI (1908)
1879	c	Carta Topografica del Gruppo Ortler-Cevedale
1885	c	I.G.M. F.9 della Carta d'Italia III NO-NE, III SO-SE
1885	d	RICHTER (1888)
1891	c	Spezial-Karte der Ortler Gruppe
1892	c	I.G.M. F.9 Monte Cevedale
1893	f	Coll. Clementi (Bormio)
1895	d	MARIANI (1905)
1895	d	MARIANI (1906)
1895	c	Itinerario delle Escursioni
1896	d	MARIANI (1906-1908)
1897	s	Zeitschr des Deut. u. Oest. Alpenv. (1898)
1897 ?	c	Foglio Sondrio (1897 ?)
1897	d	MARIANI (1905-1906-1908)
1898	a	MARIANI (1905)
1904 (ago)	d	MARIANI (1905)
1904	d	MARIANI (1908)
1905	d	MARIANI (1906-1908)
1906	d	NIEPMANN (1907)
1906	d	MARIANI (1906)
1907	d	MARIANI (1908)
1908 (ante)	f	STOPPANI (1908)
1908	d	MARIANI (1912)
1908	s	Coll. Padre Ireneo Simonetti
1908	c	I.G.M. Tavole F.9 III NO-NE, III SO-SE (1908-1922-1931)
1910	f	Coll. Schena (Sondrio)
1910	c	Gruppo dell'Ortler
1910	c	Bormio und Passo del Tonale
1910	f	DESIO (1967)
1911 (?)	f	L'Illustrazione Valtellinese (1911 ?)
1911	c	Topographische Detailkarte der Ortler Gruppe
1911	d	MARIANI (1912)
1912	d	MARIANI (1912)
1913	d	MARIANI (1915)
1914	c	Carta Topografica del Regno d'Italia e del Territorio Limitrofo F.9 Monte Cevedale
1914	d	MARIANI (1915)
1925 (?)	f	Coll. Schena (Sondrio)
1926-1966	d	DESIO (1967)
1966-1983	d	Boll. Com. Glac. It. e Geogr. Fis. e Dinam. Quat. (1968-1985)

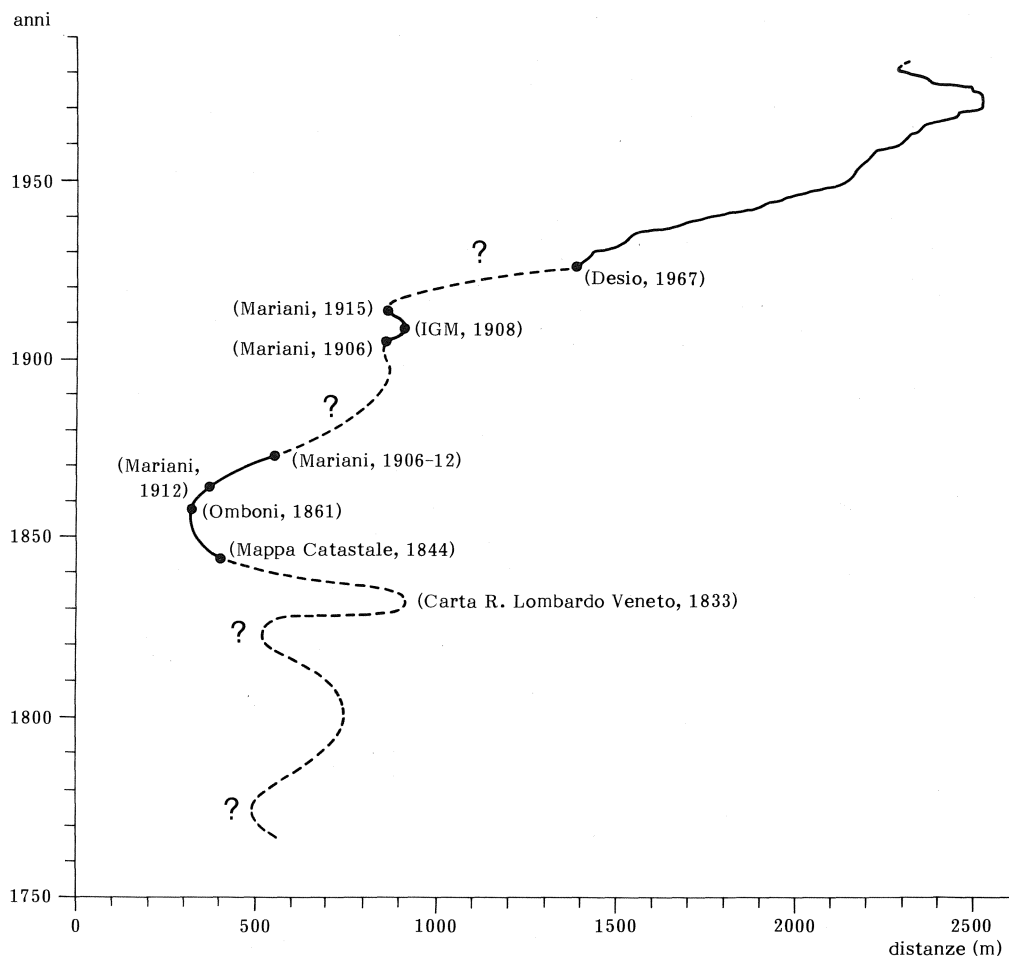


Fig. 10 - Curva tempo-distanza costruita portando in ascissa le distanze della fronte dall'ex-Albergo Ghiacciaio dei Forni espresse in metri, ed in ordinata gli anni sino al 1984.

La parte tratteggiata della curva rappresenta una possibile ricostruzione dei movimenti della fronte. Tempi e distanze sono alquanto incerti poichè ricavati esclusivamente con datazioni lichenometriche o misure su antiche carte topografiche.

CONFRONTO CON ALTRI GHIACCIAI DELLE ALPI

Complete ricostruzioni delle fluttuazioni dei ghiacciai delle Alpi sono state eseguite solo in pochi casi: Mer de Glace, Gl. des Bossons, Gl. d'Argentière (VIVIAN, 1975; REYNAUD, 1978), Gh. della Brenva (OROMBELLI, PORTER 1982), Gh. del Lys (STRADA, 1988), Gh. del Rodano (AELLEN, 1977), Gh. sup. ed inf. di Grindelwald (MESSERLI *et al.*, 1978), Gh. di Aletsch e Gh. di Heriore (AELLEN, 1981) e Gh. di Fellaria e Scalino (Tesi inedite). Attraverso un confronto con tali ghiacciai è possibi-

le stabilire che il Ghiacciaio dei Forni ha reagito nel complesso con un certo ritardo alle variazioni climatiche rispetto agli altri ghiacciai esaminati.

L'avanzata della metà dell'Ottocento che ha caratterizzato la maggior parte dei ghiacciai delle Alpi è stata risentita dal Ghiacciaio dei Forni quasi un decennio dopo, nel 1859 (OMBONI, 1861); l'avanzata generalmente verificatasi tra gli anni 1885 e 1897 è presumibilmente identificabile con le fasi di progresso culminate agli inizi del nostro secolo cioè intorno al 1904 e 1913-14.

La successiva fluttuazione positiva della fronte, culminata nel 1926, concorda invece maggiormente con i movimenti dei principali ghiacciai alpini; il ritardo rispetto ad essi ammonta infatti solo a 4 o 5 anni. Non è da escludere che le fluttuazioni positive verificatesi mediamente alcuni anni più tardi rispetto agli altri ghiacciai e lo sfasamento nei tempi di risposta, siano da mettere in relazione con l'estensione del bacino di alimentazione e l'esposizione a nord.

Il Ghiacciaio dei Forni pur essendo il più grande delle Alpi italiane ed il più ricco di documenti tra i ghiacciai del versante lombardo del gruppo Ortles-Cevedale, rivela una storia di difficile ed incerta ricostruzione. Sono documentate solo 3 fasi principali di espansione in tutta la Piccola Glaciazione.

Alla luce dei dati raccolti e delle ipotesi ritenute più probabili, si può concludere che il Ghiacciaio dei Forni non ha avuto una grande sensibilità alle variazioni climatiche e presenta una storia che differisce temporalmente da quella degli altri ghiacciai delle Alpi, particolarmente nel secolo XIX e nel primo ventennio del secolo XX.

B I B L I O G R A F I A

- AA.VV., 1969 - *Studi per la valorizzazione del Parco Nazionale dello Stelvio*. 1 (2,3).
ABBADessa F., 1955 - *Rilievi ed indagini sul Ghiacciaio dei Forni (Valtellina)*. Boll. Comit. Glac. It., 6, s. II: 101-128.
AELLEN M., 1981 - *Variazioni glaciali dei tempi moderni*. In: AA.VV., 1981 - *La Svizzera e i suoi ghiacciai*. Trilingue, Lugano: 70-89.
BARONIO G., 1933 - *Indagini al Ghiacciaio dei Forni*. Boll. Comit. Glac. It., 13: 125-140.
BELLONI S., 1970 - *Nota preliminare sulle ricerche lichenometriche nell'alveo vallivo del Ghiacciaio dei Forni*. Boll. Comit. Glac. It., 18, s. II: 43-50.
BELLONI S., 1973 - *Ricerche lichenometriche in Valfurva e nella Valle di Solda*. Boll. Comit. Glac. It., 21: 19-33.
BOLL. COMIT. GLAC. IT.: Serie I - 8(1928), 9(1928), 10(1930), 11(1931), 12(1932), 13(1933), 14(1934), 15(1935), 16(1936), 18(1938), 19(1939), 20(1940), 22(1942), 23(1945), 24(1948). Serie II - 1(1950), 2(1951, 1952), 5(1954), 6(1955), 9(1961), 10(1963), 11(1964), 12(1966), 13(1966), 14(1967), 16(1970), 17(1970), 18(1970), 19(1971), 20(1972).
BONSIGNORE G., BRAVI C., NANGERONI G. e RAGNI U., 1970 - *La geologia del territorio della Provincia di Sondrio*. Banca Popolare di Sondrio.
BOSCACCI A., PELOSI M., BETTINI G. e FASSINI I., 1982 - *Montagne di Valtellina e Valchiavenna*. Banca Piccolo Credito Valtellinese.
CASSINIS R. e CARABELLI E., 1953 - *Misure sismiche di spessore del ghiaccio al Ghiacciaio dei Forni (Lombardia)*. Riv. Geol. Appl. a. XIV, 2.
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, 1961 - *Catasto dei ghiacciai italiani 1957-1958. I ghiacciai della Lombardia e dell'Ortles-Cevedale*. Comit. Glac. It. Torino.
DE BERNARDI L., 1982 - *Mezzo secolo di Valtellina e Valchiavenna 1885-1935*. Sondrio.

- DENTON G.H. e KARLEN W., 1973 - *Holocene climatic variations - Their pattern and possible cause*. Jour. Quat. Res., 3: 155-205.
- DENTON G.H. e PORTER S., 1970 - *Neoglaciazione*. Le Scienze, 25: 155-205.
- DESIO A., 1927 - *Appunti ed osservazioni sui ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale. Campagne glaciologiche del 1925-1926*. Atti Soc. It. Sc. Nat., LXVI.
- DESIO A., 1928 - *Nuove ricerche sui ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale. Campagne del 1927*. Atti Soc. It. Sc. Nat., LXVII.
- DESIO A. (con la coll. di BELLONI S. e GIORGELLI A.), 1967 - *I ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*. Comit. Glac. It., Torino.
- DESIO A., 1977 - *I ghiacciai del versante valtellinese del Gruppo Ortles-Cevedale: ricerche e ricordi*. Notiziario 13, aprile 1977.
- DESIO A. e MARIANI E., 1926 - *Rocce e ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*. Comm. Scient. Sez. C.A.I., Milano.
- GAMPER M. e SUTER J., 1982 - *Postglaziale Klimageschichte der Schweizer Alpen*. Geogr. Helv., 37: 105-114.
- GEOGR. FIS. DINAM. QUAT.: 1(1),1978, 2(2),1979, 3(2),1980, 4(2),1981, 5(2),1982, 6(1),1983.
- GÖTZINGER G., 1907 - *Revision einiger Gletschermarken in der Ortlergruppe im Jahre*. Zeit. f. Glet. II.
- HEUBERGER H., 1974 - *Alpine Quaternary glaciation*. In: IVES J.D., BARRY R.G. - *Artic and Alpine Environments*: 318-388.
- LEUTELT R., 1932 - *Beobachtungen an Gletschern der Ortlergruppe*. Zeit. f. Glet., 20.
- MANGERUD J., 1982 - *The chronostratigraphical subdivision of the Holocene in Norden: a review*. Striae, 16: 65-70.
- MARIANI E., 1905 - *Osservazioni su recenti oscillazioni di alcuni ghiacciai del Gruppo Ortles-Cevedale*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, XXXVIII.
- MARIANI E., 1906 - *Nuovi appunti sulle oscillazioni di alcuni ghiacciai della Valfurva (Valtellina)*.
- MARIANI E., 1908 - *Sul ritiro attuale del Ghiacciaio del Forno nella Valfurva e di alcuni altri ghiacciai della catena alpina*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, XLI.
- MARIANI E., 1912 - *Sulle recenti oscillazioni del Ghiacciaio del Forno nell'Alta Valtellina*. Natura, III.
- MARIANI E., 1915 - *Nuove osservazioni sui movimenti di alcuni ghiacciai della Valfurva nell'Alta Valtellina*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., LXVIII, 2,3.
- MERCIAI G., 1920 - *Escursioni e osservazioni nell'alta Valcamonica e nella Valfurva*. Pisa.
- MESSERLI B., MESSERLI P., FISTER C.P. e ZUMBÜHL, 1978 - *Fluctuations of climate and glaciers in the Bernese Oberland, Switzerland, and their geological significance, 1600 to 1975*. Artic and Alpine Research, 10, 2: 267-274.
- MOJSISOVICS E., 1865 - *Ein Streisszug durch die Ortler Alpen*. Jahrb. d. Oe. Alpenvereins, Bd. I: 257-289.
- OMBONI G., 1861 - *I ghiacciai antichi ed il terreno erratico di Lombardia*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 3: 232-299.
- OROMBELLI G. e PELFINI M., 1985 - *Una fase di avanzata glaciale nell'Olocene superiore, precedente alla Piccola Glaciazione, nelle Alpi Centrali*. Rend. Soc. Geol. It., 8: 17-20.
- OROMBELLI G. e PORTER S.C., 1982 - *Late Holocene fluctuations of Brenva Glacier*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5: 14-37.
- OROMBELLI G. e PORTER S., 1983 - *Lichen growth curves for the Southern flank of the Mont Blanc Massif, Western Italian Alps*. Artic and Alpine Research, 15 (2): 193-200.
- PATZELT G., 1974 - *Holocene variations of glaciers in the Alps*. Coll. Int. CNRS n. 19: *Les méthodes quantitatives d'étude des variations du climat au cours du Pleistocene*: 51-59.
- PATZELT G. e BORTENSCHLAGER S., 1973 - *Die postglazialen Gletscher - und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen)*. Zeit. f. Geomorph. Suppl. 16: 25-72.
- PAYER J., 1869 - *Die Sudlichen Ortler-Alpen*. Geographischen Mittheilungen, 27.
- PORTER S., 1981 - *Glaciological evidence of Holocene climatic change*. In: WIGLEY T.M.L., FARMER G. & INGRAM M.J., *Climate and History*: 82-110.
- PORTER S.C. & OROMBELLI G., 1981 - *Late glacial ice advances in the Western Italian Alps*. Boreas, II: 125-140.
- REYNAUD L., 1978 - *Glaciers Fluctuations in the Mont Blanc Area (French Alps)*. Zeitschr. Gletsch. Glazialgeol., 13: 155-166.
- RICHTER E., 1888 - *Die Gletscher der Ostalpen*. III, Stuttgart.
- STOPPANI A., 1865 - *I dintorni di Santa Caterina ossia le serate dello zio*. Milano.
- STOPPANI A., 1876 - *Il Bel Paese. Conversazioni sulle bellezze naturali. La geologia e la geografia fisica d'Italia*. Milano.
- STOPPANI A., 1880 - *Geologia d'Italia. L'Era Neozoica*. Vallardi, Milano.
- STOPPANI A., 1882 - *Sull'attuale regresso dei ghiacciai delle Alpi - nota preliminare*. R. Acc. dei Lincei.
- STOPPANI A., 1908 - *Il Bel Paese*, a cura di A. Malladra, Cogliati, Milano.
- STRADA E., 1988 - *Le variazioni del Ghiacciaio del Lys dalla «Piccola Glaciazione» ai nostri giorni*. Natura Bresciana 24.
- URANGIA TAZZOLI T., 1831-37 - *La Contea di Bormio*. Sondrio.
- VIAZZI L., 1981 - *Ortles-Cevedale*. Zanichelli, Bologna.
- VIVIAN R., 1975 - *Les Glaciers des Alpes occidentales*, Impr. A. Allier, Grenoble.

CARTOGRAFIA

- DEUTSCHEN UND OESTERREICHISCHEN ALPENVEREIN, 1891 - *Spezial-Karte der Ortler-Gruppe*, scala 1:50000.
- GALLI G., 1910 - *Gruppo dell'Ortles. Carta topografica per uso turistico*, scala 1:50000, Milano.
- HOFFMANN C. & HAUSHOFER C., 1872 - *Karte der Centralen Ortler-Gruppe*, scala 1:72000. Allegata a *Zeitschr. d. Oesterr. Alpenver.*, Bd. III.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, 1885 - *F.9 della Carta d'Italia, Monte Cevedale*, scala 1:50000.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, 1892 - *F. 9 Monte Cevedale*, scala 1:75000.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, 1885, 1908, 1912 - *Tavolette 9 III NO-NE Monte Cevedale, 9 III SO-SE Santa Caterina Valfurva*, scala 1:25000.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE, 1931, 1972 - *Tavolette 9 III NO Il Gran Zebrù, 9 III NE Monte Cevedale, 9 III SO Santa Caterina Valfurva, 9 III SE Peio*, scala 1:25000.
- K.U.K. MILITAR GEOGR. INSTITUT, Wien, 1911 - *Topographischer Detailkarte der Ortler-Gruppe*, scala 1:50000.
- MAPPA CATASTALE, 1844 - *Comune Censuario di Valfurva ossia S. Nicolò ed Uniti. Distretto VI di Bormio. Provincia di Valtellina*, scala 1:2000.
- MARIDATI A., 1859 - *Carta itineraria e statistica del Regno Lombardo Veneto*, scala 1:172800.
- PINCHETTI, 1851 - *Carta Geografica e Postale del Regno Lombardo Veneto*, scala 1:375000.
- POGLIAGHI P., 1883 - *Carta Topografica del Gruppo Ortles-Cevedale rilevata e disegnata per incarico della Sezione di Milano del C.A.I.*, scala 1:40000.
- PAYER J., 1869 - *Originalkarte der Sudlichen Ortler-Alpen*, scala 1:56000, allegata a *Die Südlichen Ortler-Alpen*, Peterm. Geogr. Mitteil, Ergänzungsheft 27: 1-30.
- REGIONE LOMBARDIA, 1982 - *Carta Tecnica Regionale Sezioni D1d5, D1e5, D2d1, D2e1, D2d2, D2e2*, scala 1:10000.
- STATO MAGGIORE GENERALE AUSTRIACO, 1833 - *Carta Topografica del Regno Lombardo Veneto*, scala 1:86400.

Indirizzo dell'Autore:

MANUELA PELFINI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano, via Mangiagalli 34 - 20133 MILANO.