

I GHIACCIAI DELLA VAL SISSONE (VALTELLINA, ALPI RETICHE) E LA LORO STORIA OLOCENICA

M. Pelfini, G. Diolaiuti & C. Smiraglia
con la collaborazione di L. Montrasi
Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano

RIASSUNTO – *I ghiacciai della Val Sissone (Valtellina, Alpi Retiche) e la loro storia olocenica.* La ricostruzione dell'evoluzione di alcuni ghiacciai della Val Sissone (Alpi Retiche), in particolare quello del Disgrazia, ha permesso di fornire un contributo alla conoscenza delle fluttuazioni glaciali alpine con particolare riguardo alla Piccola Età Glaciale ed ai periodi più recenti. Attraverso l'utilizzo di diversi metodi di datazione (radiocarbonio, dendrogeomorfologia, documentazione storica), la massima espansione olocenica dell'apparato glaciale del Disgrazia dovrebbe collocarsi dopo il XIV secolo, con altre espansioni negli anni '20-'30 o negli anni '50 del XIX secolo ed infine negli anni '20 e '80 del XX secolo. La tendenza del XX secolo, documentata da misure dirette delle variazioni frontali, è stata in ogni caso nettamente negativa e ha portato la fronte del Disgrazia ad arretrare di circa 1 km.

ABSTRACT – *The Val Sissone glaciers (Valtellina, Rhetian Alps) and their holocene evolution.* The reconstruction of the evolution of some Val Sissone glaciers (Rhetian Alps, Italy), with particular attention to the Disgrazia Glacier, gives a contribution to the knowledge of the glacial fluctuations since the Little Ice Age in the Italian Alps. By utilizing different dating methods (radiocarbon, dendrogeomorphology, historical documentation), it is possible to attribute the maximum glacial advance to a period after the XIX Century. Other glacier expansion phases belong to the '20 yrs of the XIX Century and to the '20 and '80 years of the XX Century. The XX Century trend, based on terminus variation direct measurements, was in any case absolutely negative and caused a retreat of the Disgrazia Glacier snout of about 1 km.

Parole chiave: variazioni glaciali, Olocene, Piccola Età Glaciale, datazioni radiometriche, dendrogeomorfologia
Key-words: glacier variations, Holocene, Little Ice Age, radiocarbon dating, dendrogeomorphology

1. INTRODUZIONE

L'attuale fase di regresso dei ghiacciai alpini è una realtà ormai acquisita, con ritmi che sembrano incrementarsi nel tempo e con modificazioni indotte nel paesaggio di anno in anno sempre più evidenti ed accentuate. La ricostruzione della storia glaciale passata rappresenta un importante contributo alla conoscenza della dinamica ambientale attuale: infatti, solamente attraverso un'accurata ricostruzione delle vicende, antiche e recenti, che hanno caratterizzato l'evoluzione delle masse glaciali alpine, è possibile riconoscere la sincronia degli eventi anche in regioni lontane, comprendere meglio la dinamica delle risposte glaciali alle variazioni climatiche, cogliere le tendenze in atto e, infine, formulare futuri scenari evolutivi.

Il lavoro qui presentato si propone come un esempio di indagine, realizzata mediante l'integrazione di diverse discipline e metodi di datazione, finalizzata alla ricostruzione della storia glaciale recente di una valle delle Alpi Lombarde, la Val Sissone, situata alla testata della Valmalenco, tributaria della Valtellina (Alpi Retiche, Italia).

Nel paesaggio glaciale della Val Sissone spiccano le forme di accumulo glaciale rappresentate da morene che, come per la maggior parte delle vallate alpine, sono morfologicamente ben delineate, scheletriche, con suolo poco evoluto, prive di vegetazione o poco inerbite, disposte in modo quasi concentrico a formare piccoli anfiteatri. Queste forme sono il segno lasciato dai ghiacciai alpini, nel corso degli ultimi 150 anni, nell'ambiente d'alta quota, ghiacciai che hanno manifestato in que-

st'intervallo di tempo un regresso frontale quasi continuo, interrotto da modeste avanzate. La fase di ritiro, tuttora in corso, ha segnato la conclusione della Piccola Età Glaciale (PEG), intervallo temporale durante il quale la maggior parte dei ghiacciai alpini ha manifestato la massima avanzata olocenica.

2. I GHIACCIAI DELLA VAL SISSONE

La Val Sissone è ubicata alla testata della Valmalenco, nel Gruppo del Bernina-Disgrazia, a N del M. Disgrazia (Fig. 1). Su di essa si affacciano i ghiacciai Disgrazia, Sissone e Vazzeda ed alcuni apparati minori originatisi negli ultimi decenni in seguito al frazionamento di questi ultimi.

Al culmine della PEG, la testata della valle era occupata da un unico grande ghiacciaio avente un'estensione di circa 803.9 ha; successivamente, la massa glaciale si è frazionata in una serie di individui minori che nel 1992 coprivano complessivamente una superficie di 474.28 ha (Folladori, 1997) con una diminuzione del 41% circa rispetto all'estensione assunta durante la PEG e con un ritiro lineare di oltre un chilometro e mezzo per il solo Ghiacciaio del Disgrazia. Quest'ultimo rappresenta l'apparato glaciale più esteso della zona; si tratta di un ghiacciaio di circo-pendio esposto a Nord che occupa una superficie di 335 ha, con lunghezza massima di 2400 m e larghezza pari a 2100 m (Servizio Glaciologico Lombardo, 1992).

Gli altri corpi glaciali della zona sono tutti apparati di circo di varie dimensioni; i ghiacciai di Punta Baroni e

del Passo di Chiareggio sono di limitata estensione, rispettivamente di 10 e 23 ha, mentre il Ghiacciaio Sissone con 80,5 ha di superficie è decisamente più ampio. Parzialmente unito al Sissone è il Ghiacciaio di Rosso Sud-Est, con estensione di 12 ha. Completano il quadro del glacialismo locale i ghiacciai Cima di Rosso Est (19 ha) e Vazzeda (ubicato nella vicina Val Muretto).

3. METODO DI LAVORO

E' stato effettuato sul terreno un rilevamento geomorfologico di dettaglio, affiancato da fotointerpretazione sui fotogrammi 22 e 23 della strisciata 67 (volo del 18-08-1982 dell'Aeronautica Militare) alla scala 1:30.000 e su alcuni ingrandimenti alla scala 1:5000. Tale lavoro ha portato alla realizzazione di una carta geomorfologica alla scala 1:10.000. Per gli argini morenici riconosciuti sul terreno e cartografati sono state proposte datazioni basate su dendrocronologia e radiocarbonio (applicato a suoli e resti legnosi sepolti) e sull'analisi di documenti storici, cartografici ed iconografici.

Per quanto riguarda questi ultimi è appena il caso di ricordare come il loro utilizzo a fini geomorfologici fornisca dati attendibili solo dopo la metà del 1800. Decisamente più quantitativi, sebbene nel caso in oggetto utilizzabili con molte cautele, sono i metodi dendrocronologici e radiometrici, sui cui principi e problemi di utilizzazione in campo geomorfologico-glaciale si rimanda alla letteratura (Giordano, 1971; Fritts, 1976; Pelfini, 1987; Mortara *et al.*, 1992; Schweingruber, 1996; Pelfini & Orombelli, 1997; Pelfini 1999). Per quanto riguarda la storia glaciale del XX secolo si sono utilizzati soprattutto i dati delle variazioni frontali rilevati annualmente dagli operatori glaciologici.

4. LA STORIA GLACIALE OLOCENICA DELLA VAL SISSONE SINO AL XIX SECOLO

La storia glaciale della Val Sissone è stata studiata analizzando in particolare l'apparato morenico frontale del Ghiacciaio del Disgrazia (Fig. 2), la cui lingua raccoglieva durante la PEG e ancora fino al 1910 tutte le masse glaciali provenienti dalla testata della valle. Le morene più avanzate deposte da questo apparato glaciale sono situate a circa 1780 m di quota sulla destra idrografica del Torrente Sissone. Si tratta di tre argini latero-frontali ben conservati (1, 2 e 3 in Fig. 2); sulla sinistra, correlabile dal punto di vista geometrico con la n. 3, è invece riconoscibile un unico breve argine (4 in Fig. 2), che è possibile raccordare con due tronconi (5 e 6) in posizione nettamente laterale.

La morena più esterna (n. 1), che testimonia la massima avanzata olocenica, presenta uno spessore modesto (si alza di 2-3 metri rispetto alla topografia circostante) e risulta

parzialmente coperta nel suo settore laterale da detrito di versante. Durante la fase di deposizione della morena, il ghiacciaio ha sigillato il suolo sottostante; al disotto dell'orizzonte organico sepolto si è conservata una porzione di tronco sepolto da un grosso masso appartenente alla morena frontale più esterna. Il peso del masso ha deformato l'intera successione degli strati che tendono ad immergere sotto di esso. La deformazione degli strati documenta come la successione che costituisce la sezione fosse già presente prima della messa in posto della morena. La Fig. 3 riporta la sezione e lo schema dei rapporti stratigrafici. La lontananza dal versante e l'ubicazione del masso entro la morena, consentono di escludere la messa in posto del masso da parte di processi di versante.

L'età ^{14}C ottenuta presso il "Geochron laboratories", Massachusset (campione 99406295 - GX 22254) è risultata pari a 600 ± 75 anni B.P. La data è stata sottoposta a calibrazione mediante il programma OXCAL (Stuiver & Reimer, 1993) e si è ottenuto come intervallo di maggior probabilità il XIV secolo o, al limite, il periodo fra il 1280 e il 1440 (anni calendario).

Poiché il reperto non è in posizione primaria, la sua età è sicuramente e in ogni caso un termine *post quem* per la messa in posto della morena; questa è dunque avvenuta in un periodo compreso tra il 1280-1440 AD e l'età della morena immediatamente più interna (n. 2 in Fig. 2). Il tempo necessario al seppellimento del reperto ligneo e alla formazione del suolo al di sopra delle sabbie che lo inglobano, induce a ritenere che la fase di recrudescenza climatica che ha determinato l'espansione del Ghiacciaio del Disgrazia si collochi nella Piccola Età Glaciale, forse in una delle sue fasi più antiche.

Per la datazione della morena n. 2 e delle altre morene più interne e quindi per la ricostruzione della storia glaciale della PEG si è provato ad utilizzare metodi lichenometrici e dendrocronologici.

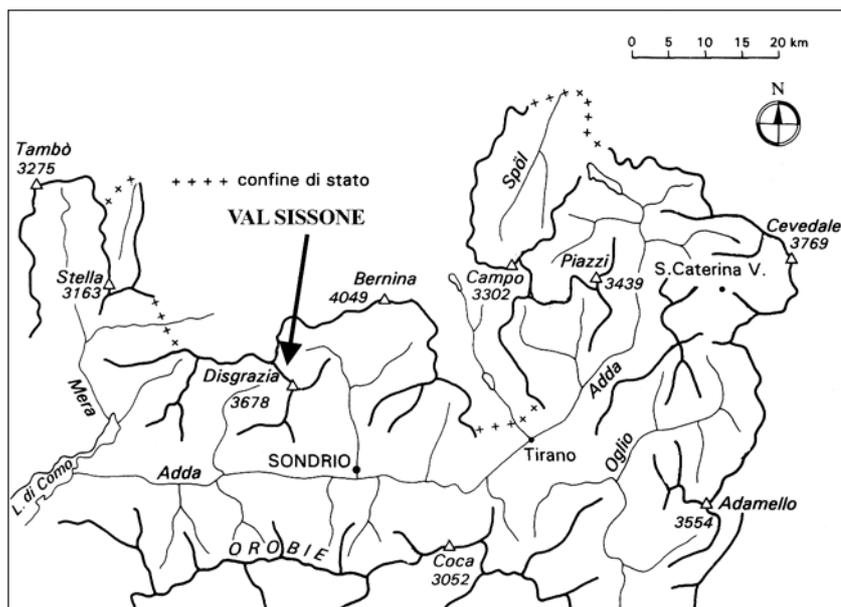
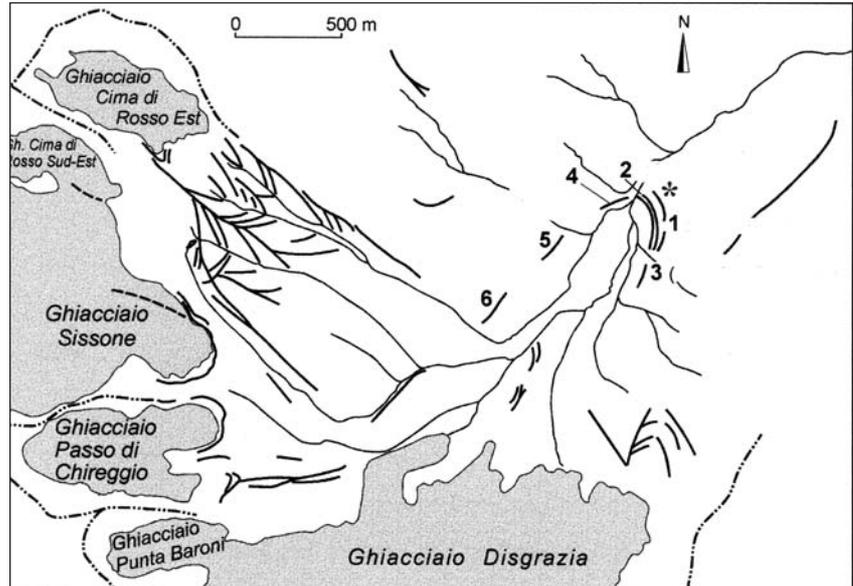


Fig. 1 - Localizzazione della Val Sissone.
Location of the Val Sissone

Fig. 2 - Le morene della Val Sissone. I numeri indicano i depositi glaciali descritti nel testo.

The Val Sissone moraines. The glacial deposits described in the text are indicated by numbers.



Nell'intera Val Sissone è stata effettuata una serie di misure lichenometriche. Nonostante la relativa facile reperibilità dei licheni, non sono stati trovati talli cresciuti su superfici di esposizione nota. E' risultato pertanto impossibile costruire una curva di crescita locale sia per il gruppo *Rhizocarpon geographicum*, sia per l'*Aspicilia cinerea* e utilizzare la lichenometria per datazioni assolute.

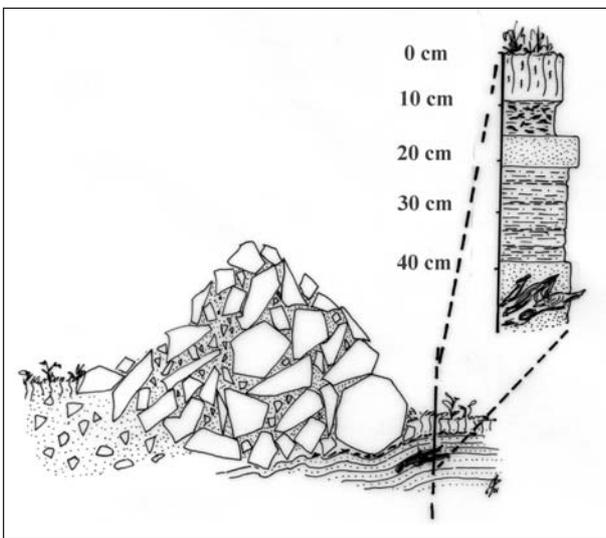


Fig. 3 - Profilo del suolo aperto entro la morena n. 1 di figura 2 a quota 1780 m. Dall'alto i livelli rappresentano: 0-8 cm orizzonte organico attuale con superficie a prato; 8-14 cm orizzonte organico nero, a tessitura limosa, ricco di frammenti di legno e radici; 14-18 cm sabbia grigio-bruna media, 18-34 cm sabbia media limosa, di colore bruno con venuta d'acqua, 34-40 cm sabbia contenente il reperto ligneo.

Soil profile of the n° 1 moraine (Fig.2), 1780 m a.s.l. From the top: 0-8 cm, present organic level with meadow; 8-14 cm black organic silt level, with wood and root fragments; 14- 18 cm grey-brown medium sand; 18-34 cm brown medium sand with silt; 34-40 cm sand with wood fragment.

Per la morena n. 3 si è proceduto ad indagini dendrocronologiche. Similmente alla morena n. 2, questo argine detritico è ben conservato e si snoda lungo il fianco destro della Val Sissone. Le analisi dendrocronologiche non risolvono tuttavia il problema della sua datazione. Le misure effettuate su alcuni larici che crescono sull'area prativa immediatamente a monte della morena indicano che il più vecchio di questi presenta 104 anelli di accrescimento; gli estremi cronologici della carota prelevata sono quindi 1892-1995. Aggiungendo a questi gli anni necessari a raggiungere il metro di altezza (altezza a cui vengono prelevati i campioni e pari a circa 15-20 anni di età dell'esemplare) e quelli stimati per la colonizzazione (15-20 anni), la pianta potrebbe presentare circa 140 anelli. Ciò potrebbe riportare alla metà del XIX secolo (1852). Va ricordato che alcuni autori aggiungono anche un numero di anelli maggiore. Deline (1999) per esempio, in Val Veny (AO) aggiunge sino a 65-70 anelli per ottenere l'età minima di messa in posto delle morene. La scelta di aggiungere una quarantina di anelli al massimo deriva dalle esperienze fatte in alcune valli delle Alpi Centrali, per le quali questo valore sembra più ragionevole. Utilizzando i valori più elevati proposti da altri autori, si potrebbe ipotizzare un'avanzata intorno al 1830, mentre mantenendo i valori proposti in questo lavoro l'area sembra essersi deglaciata e resa libera per la colonizzazione vegetale almeno a partire dalla metà del XIX secolo.

La localizzazione del limite inferiore del ghiacciaio durante l'ultimo secolo della PEG è confermata dalle carte topografiche del XIX secolo, pur tenendo conto della loro non totale affidabilità (specialmente per quelle della prima metà del secolo). La carta dello Stato Maggiore Austriaco del 1833 alla scala 1:86.400, ad esempio, mostra la fronte del ghiacciaio a circa 1810-1850 m di quota, poco a monte delle morene sopra descritte. La carta topografica svizzera alla scala 1:100.000 rilevata tra il 1854 e il 1871 colloca la fronte del ghiacciaio ad una quota di circa 1900 m, mentre nel 1890 la carta dell'Istituto Geografico Militare (IGM) alla scala 1:50.000, che introduce le curve di livello e per la

prima volta le quote delle fronti glaciali, indica la fronte a 1945 m.

A partire dalla fine del XIX secolo, la ricostruzione della storia glaciale si arricchisce di particolari in quanto sono disponibili testimonianze dirette, cartografia aggiornata e rilevata in modo più preciso, relazioni annuali da parte degli osservatori della Commissione Glaciologica del Club Alpino Italiano, resoconti di ascensioni alpinistiche, fotografie (quali ad esempio quelle di V. Sella relative ai ghiacciai del Disgrazia e Vazzeda dal 1896), tutti documenti che hanno consentito una ricostruzione più precisa della storia glaciale recente di questa valle.

Le fronti glaciali della Val Sissone sono state visitate con intenti scientifici per la prima volta alla fine del XIX secolo da L. Marson, che prosegue le osservazioni della lingua del Disgrazia - Sissone per cinque annate consecutive; poi, dopo un periodo di stasi, i rilievi ricominciano a cura degli operatori del Comitato Glaciologico Italiano e proseguono con qualche lacuna fino ad oggi.

Nel 1893-95 secondo il racconto di alcuni pastori, citato da Marson nella sua relazione sull'osservazione delle fronti glaciali della Val Sissone compiuta nel 1896 (nell'occasione lo studioso pose presso la fronte i primi segnali di misura), il ghiacciaio si trovava in fase di progresso, tanto da aver reso inaccessibili alcune rupi e prati che si potevano raggiungere fino a pochi anni prima (Marson, 1897); non sono state però ritrovate evidenze geomorfologiche di tale fase di progresso.

Secondo Marson (1897), che prosegue le osservazioni glaciologiche fino ai primi anni del 1900, nel 1896 la fronte del Disgrazia-Sissone giungeva a 1945 m di quota e la lunghezza dell'apparato glaciale, calcolata dal Passo di S. Martino (oggi chiamato Passo di Mello) fino alla fronte era di 2359 m. Tra il 1896 ed il 1897 lo stesso osservatore misura un arretramento frontale pari a 7,8 m (Marson, 1898), mentre dal 1897 al 1898 registra un'avanzata di 3,7 m (Marson, 1899).

5. STORIA RECENTE DEL GLACIALISMO DELLA VAL SISSONE (XX SECOLO)

La fonte principale della storia glaciale della Val Sissone nel XX secolo è rappresentata dalle relazioni annuali degli operatori del CGI, raccolte nei *Bollettini del Comitato Glaciologico Italiano* dal 1913 al 1977 e in *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* dal 1978 ad oggi.

Con questo materiale è stato possibile tracciare le curve tempo-distanza delle variazioni frontali dei ghiacciai in oggetto e in particolare di quello del Disgrazia, che ben testimonia quantitativamente l'evoluzione nel XX secolo del glacialismo

della Val Sissone (Figg. 4 e 5).

L'inizio del XX secolo è caratterizzato da una fase di regresso; nel 1907, quando Marson ritorna a visitare la valle, la lingua del ghiacciaio è infatti arretrata di 83,35 m rispetto alla posizione registrata nel 1899. Dopo Marson i rilievi sul Ghiacciaio del Sissone vengono condotti da D. Sangiorgi a partire dal 1910. Con la prima relazione (Sangiorgi, 1912) l'autore sembra suggerire l'avvenuta separazione tra i due apparati principali; in effetti, a partire da quell'anno la lingua glaciale che percorre la Val Sissone sarà denominata solo "del Disgrazia". Dal 1911 al 1916 le sue relazioni testimoniano un continuo ed intenso ritiro che termina solo nel 1917 con un avanzamento frontale di 22 m (Sangiorgi, 1919). Da allora inizia un nuovo periodo di progresso frontale, in fase con quanto registrato dalla maggior parte dei ghiacciai alpini per i quali si disponga di dati relativi alle variazioni frontali (Vivian, 1975; Reynaud, 1983; Cerutti, 1995). L'avanzata è rapida e nel 1926 la fronte del ghiacciaio è scesa fino a 1970 m di quota. Da quell'anno riprende una tendenza al regresso che porta, nel 1928, il ghiacciaio a ritirarsi di ben 25 m (Sangiorgi, 1929). Nel 1928 la Val Sissone ed il Ghiacciaio Disgrazia vengono visitati e studiati anche da G. Nangeroni. Da allora continua inesorabile il ritiro e la fronte del ghiacciaio nel 1949 arriva a 2020 m di quota, dopo il distacco di una placca di ghiaccio che porta l'apparato ad isolarsi sopra un gradino roccioso e abbandona a valle la porzione crollata ormai separata dal resto del ghiacciaio, coperta di morenico, a formare un cospicuo lembo di ghiaccio morto. Nel settembre 1950 l'Alta Val Sissone viene profondamente modificata da "una grande improvvisa alluvione ed un imponente smottamento di parte della morena laterale sinistra del ghiacciaio Disgrazia" (Nangeroni, 1951). Questi eventi rimodellano intensamente l'area proglaciale e parzialmente

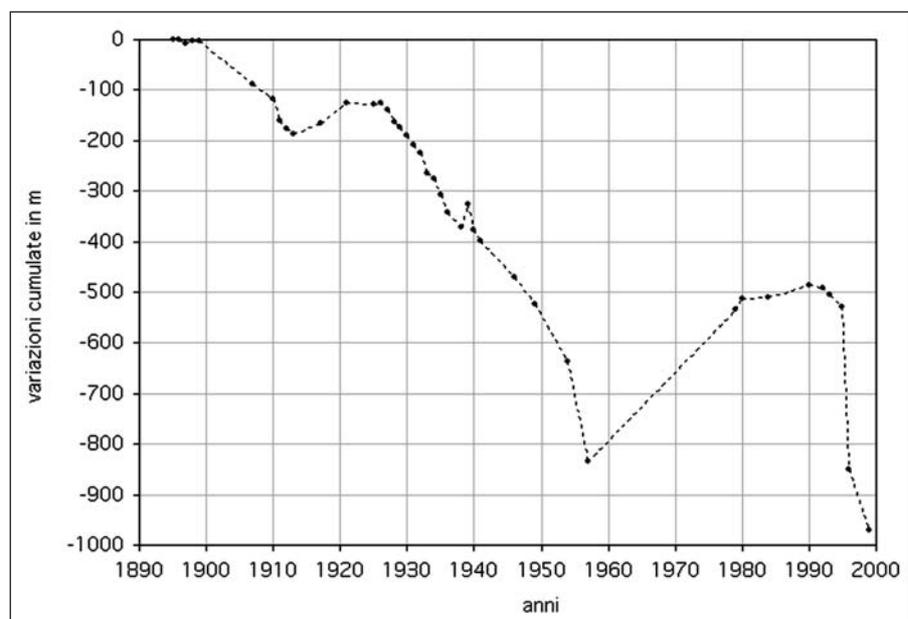


Fig. 4 - Curva delle variazioni frontali cumulate del Ghiacciaio Disgrazia dal 1895 al 1999 costruita sulla base dei dati raccolti dagli operatori del Comitato Glaciologico Italiano

Cumulative frontal variations of Disgrazia Glacier from 1895 to 1999 by Italian Glaciological Committee data.

a)



b)



Fig. 5 - a) il Ghiacciaio Disgrazia in una fotografia dell'inizio del XX secolo di autore sconosciuto; b) lo stesso ghiacciaio nel 1997 in una fotografia di L. Montrasi.

a) *Disgrazia Glacier XXth Century beginning (photograph by unknown author).*
b) *Same glacier in 1997 (by L. Montrasi photograph).*

distruggono ed occultano i depositi morenici del fondovalle. Le relazioni degli anni successivi descrivono una fronte arroccata su un gradino roccioso in continuo ritiro ed una placca di ghiaccio relitto, in fusione, destinata a scomparire. Delle morene della valle non si parla più fino al 1954 quando A. Riva, nella sua annuale relazione sottolinea la completa demolizione dell'apparato morenico del vecchio ghiacciaio (Riva, 1955). Fino al 1957 le osservazioni annuali al ghiacciaio vengono condotte con regolarità ed in quell'anno la fronte della placca di ghiaccio morto viene registrata a 2110 m di quota; poi per più di un ventennio la Val Sissone viene dimenticata, se si fa eccezione per il rilievo condotto da C. Corona nel 1974. Negli anni '80 riprendono le osservazioni e le misurazioni frontali del Ghiacciaio Disgrazia. L'operatore che lo visita (Catasta, 1981) osserva la fronte a 2400 m con il ghiacciaio in fase di netto progresso che sembra unito al Ghiacciaio Punta Baroni che si trova alla sua sinistra. Il progresso frontale continua per qualche anno e nel 1981 Catasta (1982) rileva che la lingua di sinistra, avanzando verso il fondovalle, sta formando un arco morenico di spinta, mentre la fronte vera e propria, avanzando, è andata unendosi al ghiaccio crollato dalle regioni superiori a formare ghiaccio di rimasto. Nel 1984 la fronte è scesa fino a 2030 m di quota (considerando per fronte la porzione di ghiaccio di rimasto o rigenerato ormai conglobato con la lingua vera e propria) ed è abbondantemente coperta di materiale morenico grossolano (Catasta, 1986). La fase positiva è ancora in atto nel 1988, anche se il progresso non risulta quantificabile, poiché i segnali sono stati spazzati via dall'alluvione che ha colpito la Valtellina nel 1987. Si tratta dell'ultimo periodo di avanzata glaciale, in fase con quella che ha caratterizzato la maggior parte degli apparati alpini europei ed extraeuropei (Wood, 1988; Zanoni, 1991; Cerutti, 1992; Pelfini & Smiraglia, 1992) in conseguenza della recrudescenza climatica globale nota come "Episodio Freddo" (Pinna, 1996). Gli indizi di regresso si manifestano a partire dal 1990 nelle colate laterali, mentre la colata principale, protetta da una spessa coltre di morenico, continua una lieve avanzata. La tendenza al ritiro si afferma negli anni successivi e porta la fronte a retrocedere, fino ad un massiccio distacco di una porzione terminale nel 1995, che lascia una fronte sospesa su ripido pendio roccioso a 2250 m di quota ed una porzione di ghiaccio isolato, "morto", coperto da morenico nel fondovalle (Mariani, 1997). Da allora il ghiacciaio ha continuato a ritirarsi per un arretramento lineare valutabile in oltre 450 m che ha portato la fronte sino a quota 2370 m.

Dinamica glaciale simile ha manifestato nel tempo il Ghiacciaio del Sissone, monitorato anch'esso a partire dal 1911 da Sangiorgi ed attualmente in fase di marcato regresso.

6. CONCLUSIONI

L'utilizzo di metodologie integrate (rilievi geomorfologici, dendrocronologia, documentazione storica) ha permesso di individuare numerose fasi di espansione olocenica del Ghiacciaio del Disgrazia e di proporre, seppur con incertezze, alcune date di deposizione delle morene. Ad esempio, la massima estensione, testimoniata da evidenti morene frontali, potrebbe non essere

stata raggiunta al culmine della PEG, che generalmente si colloca intorno al 1820-25 (ad esempio per la Mer de Glace), bensì dopo il XIV secolo. Alle ulteriori fasi di espansione della PEG (primi decenni oppure metà del XIX secolo), segue una fase di intenso regresso quasi continuo, brevemente interrotto dalle due limitate fasi di avanzata degli anni '20 e degli anni '80 del XX secolo.

Per quanto riguarda quest'ultimo secolo, anche se le morfologie non si sono perfettamente conservate e solo le più recenti sono rimaste a testimonianza della dinamica glaciale, i documenti storici e le misure dirette condotte per oltre cento anni, hanno permesso di ricostruire in misura attendibile la storia glaciale della valle e di verificare che i ghiacciai della Val Sissone hanno manifestato una risposta all'effetto forzante del clima in fase con altri apparati glaciali alpini.

Lavoro realizzato nell'ambito del Cofinanziamento MURST 1999, Progetto di Ricerca: "Ghiacciai alpini e variazioni ambientali". Responsabile nazionale Prof. A. Biancotti, responsabile locale Prof. A. Bini.

Si precisa che il lavoro è stato realizzato e scritto congiuntamente dai tre autori.

BIBLIOGRAFIA

- Catasta G. (1981) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1980*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 4 (2) 160-161.
- Catasta G. (1982) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1981*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5 (2) 387-389.
- Catasta G. (1986) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1984*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 9 (1) 25.
- Cerutti A.V. (1992) - *L'espansione dei ghiacciai del Monte Bianco fra il 1962 e il 1989*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 75-84.
- Cerutti A.V. (1995) - *Variazioni dei ghiacciai del Monte Bianco in epoca storica*. In: "Archivi Glaciali. Le variazioni climatiche ed i ghiacciai." Atti dell'Incontro di Courmayeur, 2-3 Settembre 1995, 9-28.
- Corona C. (1974) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1974*. Boll. Com. Glac. It., serie II, 22, 262-263.
- Deline P. (1999) - *La mise en places de l'amphithéâtre morainique du Miage (Val Vény, Val d'Aoste)*. Geomorphologie.
- Folladori L. (1997) - "Global change: studio delle variazioni climatiche e ambientali oloceniche nelle Alpi lombarde, mediante indagini geomorfologiche e glaciologiche". In: Collana ricerca e risultati, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, 30 pp.100-123
- Fritts H.C. (1976) - *Tree rings climate*. Academy Press, London, 567 pp.
- Giordano G. (1971) - *Tecnologia del legno 1° - La materia prima*. 1986 pp, U.T.E.T., Torino.
- Mariani V. (1997) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1996*. geogr. Fis. Dinam. Quat., 20 (2), 391-392.

- Marson L. (1897) - *Sui ghiacciai del Massiccio del Monte Disgrazia o Pizzo Bello*. Memorie Soc. Geogr. It., 7 (1), 63-68.
- Marson L. (1898) - *Sui ghiacciai del Massiccio del Monte Disgrazia e Bernina*. Memorie Soc. Geogr. It., 8 (2), 168-170.
- Marson L. (1899) - *Sui ghiacciai del Massiccio del Monte Disgrazia e Bernina*. Memorie Soc. Geogr. It., 9, 170-173.
- Mortara G., Orombelli G., Pelfini M. & Tellini C. (1992) - *Suoli e suoli sepolti olocenici per la datazione di eventi geomorfologici in ambiente alpino: alcuni esempi tratti da indagini preliminari in Val d'Aosta*. Il Quaternario 5 (2), 135-146.
- Nangeroni G. (1951) - *La frana di Val Sissone (15 Settembre 1950)*. Natura, 42, 11-17.
- Pelfini M. & Orombelli G. (1997) - *Variazioni recenti dell'Ambiente Alpino registrate nelle serie di anelli di accrescimento delle conifere. Applicazioni della Dendrogeomorfologia*. Acqua e Aria, 6, 103-110
- Pelfini M. & Smiraglia C. (1992) - *Recent fluctuations of glaciers in Valtellina (Italian Alps) and climatic variations*. Journ. Glac., 38, 309-313.
- Pelfini M. (1987) - *Contributo alla conoscenza delle fluttuazioni oloceniche del Ghiacciaio dei Forni*. Natura Bresciana Ann. Mus. Civ. Sc. Nat., Brescia, 24, 237-257.
- Pelfini M. (1999) - *Dendrogeomorphological study of glacier fluctuations in the Italian Alps during the Little Ice Age*. Annals of Glaciology 28, 123 – 128.
- Pinna M. (1996) - *Le variazioni recenti del clima*. Angeli, Milano.
- Reynaud L. (1983) - *European glaciological data and their relation with the climate*. In "New Perspectives in Climate modelling", edited by A.L. Berger and C. Nicolis, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam
- Riva A. (1955) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1954*. Boll. Com. Glac. It., serie II, 6, 188-191.
- Sangiorgi D. (1912) - *Osservazioni sui ghiacciai di Valmalenco*. Rivista CAI, 2, 43-45.
- Sangiorgi D. (1919) - *Relazione preliminare sui ghiacciai della Valtellina*. Boll. Com. Glac. It, 3, 18.
- Sangiorgi D. (1929) - *Relazione della Campagna Glaciologica 1928*. Boll. Com. Glac. It, 9, 276-279.
- Schweingruber F.H. (1996) - *Tree rings and environment Dendroecology*. Haupt Verlag.
- Servizio Glaciologico Lombardo (1992) - *Ghiacciai in Lombardia*. Edizioni Bolis, Bergamo.
- Stuiver M. & Reimer P.J. (1993) - Radiocarbon, 35, 215-230.
- Vivian R. (1975) - *Les glaciers des Alpes Occidentales*. Grenoble, Allier
- Wood F. (1988) - *Global alpine glacier trends 1960s to 1980s*. Arct. Alp. Res., 20, 4, 404-413.
- Zanon G. (1991) - *Vent'anni di progresso dei ghiacciai 1965-1985*. Atti del Convegno "Le variazioni climatiche recenti (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo", Roma, 5-6 Aprile 1990, Mem. Soc. Geogr. It., 46, 153-165.

Ms. ricevuto il 28 dicembre 2000
 Testo definitivo ricevuto il 24 luglio 2001

Ms. received: December 28, 2000
 Final text received: July 24, 2001