

TIZIANA ROTA (*), ENRICO BONACINA (**), PAOLA DE LOTTO (**),
GIANCARLO ROSSI (***) & CLAUDIO SMIRAGLIA (****)

VARIAZIONI VOLUMETRICHE DELLA LINGUA DEL GHIACCIAIO DEL LYS (MONTE ROSA, VALLE D'AOSTA) NEL XX SECOLO

Il Ghiacciaio del Lys è situato nell'alta Valle di Gressoney sul versante meridionale del Gruppo del Monte Rosa. Si tratta di una dei maggiori ghiacciai vallivi delle Alpi Italiane, già descritto a fine Settecento da De Saussure; le sue variazioni frontali annue sono state costantemente rilevate dagli operatori del Comitato Glaciologico Italiano a partire dal 1914. Dopo i fondamentali lavori di Monterin (1931) della prima metà del XX secolo, in tempi recenti sul Ghiacciaio del Lys sono state condotte approfondite ricerche sui rapporti fra accumulo e ablazione (Motta, 1996) e sul tempo di risposta della fronte alle variazioni climatiche individuato mediante indagini dendromorfologiche (Pelfini, 1997).

Lo studio delle variazioni volumetriche della lingua di ablazione del Ghiacciaio del Lys è stato compiuto mediante il confronto fra cartografia a grande scala di epoche diverse, realizzato con metodologie informatiche. Sono stati utilizzati sistemi GIS, con i quali è stato possibile elaborare i DEM delle carte che hanno permesso di valutare le variazioni subite dalla lingua del ghiacciaio dal 1925 al 1994. Per ottenere i DEM le carte sono state digitalizzate, georeferenziate con il programma MapInfo Professional e poi trasformate nel formato E00 compatibile con ARC/INFO.

Per la lingua di ablazione del Ghiacciaio del Lys il materiale cartografico utilizzato è il seguente:

- Rilievo stereofotogrammetrico IGM, 1925, scala 1:10.000
Punti quotati utili per la sovrapposizione:
Sasso Grosso (2316,38 m)
Capanna (2152 m)
Sistema di riferimento in coordinate UTM
- Rilievo fotogrammetrico 1953 (Cunietti & Marazio, 1955) scala 1:4.000
Punti quotati utili per la sovrapposizione:
Sasso Grosso (2316,38 m)
Sasso Monterin (2153,8 m)
Sistema di riferimento in coordinate locali.
- Rilievo aerofotogrammetrico numerico ENEL, 1994, scala 1:5.000
Sistema di riferimento in coordinate Gauss-Boaga.

Dapprima si è proceduto a definire le variazioni volumetriche 1925-1953.

L'individuazione di punti comuni ben individuabili sui due rilievi, indispensabili per procedere ad un confronto corretto, si è rivelata difficoltosa. Il rilievo del 1925 è stato ingrandito alla scala 1:4.000 e la sovrapposizione è stata effettuata considerando la direzione del Nord riportato sulle carte e la posizione del Sasso Grosso che, ben cartografato e quotato sulla carta del 1953, è risultato ben individuabile anche nella carta del 1925 sul filo della morena laterale destra. Accertato che le curve di livello digitalizzate per le due carte delle zone laterali al ghiacciaio coincidevano quasi perfettamente, si è ritenuto di poter lavorare con margini di errore accettabili.

La riduzione del volume di ghiaccio subita dalla parte terminale del Ghiacciaio del Lys dal 1925 al 1953 è risultata pari a 46.790.053 m³. Il valore ottenuto è superiore a quello ricavato da Cunietti & Marazio (1955). Se tuttavia si apporta al dato di questi ultimi la correzione minima da essi indicata in base agli errori stimati del metodo da loro

(*) Via Cappuccini 45 bis - 24031 Almenno S. Salvatore (BG).

(**) Enel Hydro, Via Pastrengo 9 - 24068 Seriate (BG).

(***) Via Montello 8 - 30033 Noale (VE).

(****) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano. Via Mangiagalli 34 - 20133 Milano.

Lavoro svolto nell'ambito del cofinanziamento MURST 1999 Programma di ricerca: «Ghiacciai alpini e variazioni ambientali» (Resp. Naz. prof. A. Biancotti, resp. locale prof. A. Bini).

utilizzato (+10%), si ottiene un valore di $-41.800.000 \text{ m}^3$, che si discosta solo del 10,6% da quello ottenuto col metodo informatico. Questa differenza (corrispondente a un volume di poco meno di 5 milioni di m^3) può derivare da diversi fattori, in particolare la diversa precisione dei due metodi utilizzati e la possibile non perfetta coincidenza areale fra le due superfici della lingua del Lys utilizzate da Cuniatti & Marazio (1955) e quelle utilizzate nel presente lavoro; non essendovi infatti informazioni più precise si è utilizzato come limite superiore la curva di livello di 2.660 m che limita superiormente un'area di circa $1,26 \text{ km}^2$. Con i DEM calcolati a partire dalle carte topografiche del 1925 e del 1953 si è ottenuta una carta tematica che sintetizza le variazioni di livello della superficie della lingua di ablazione del Ghiacciaio del Lys nel periodo indicato (fig. 1).

Tenendo conto dei dati precedentemente indicati di volume complessivo di ghiaccio perso dal ghiacciaio e della superficie considerata, si ottiene uno spessore medio di riduzione complessiva dal 1925 al 1953 di 37,2 m. Si os-

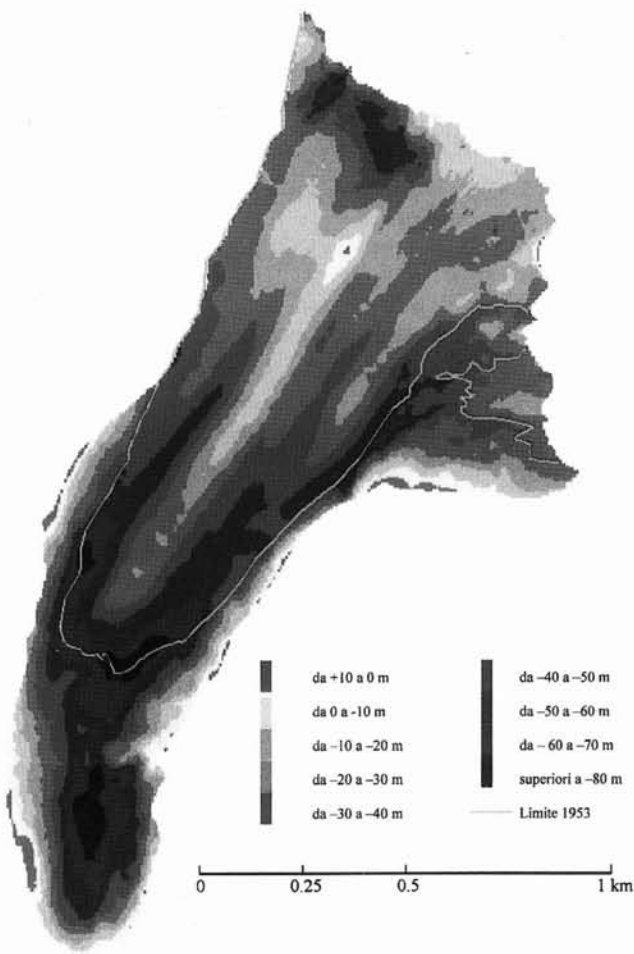


FIG. 1 - Variazioni di spessore della lingua del Ghiacciaio del Lys fra il 1925 e il 1953.

FIG. 1 - Thickness changes of the Lys Glacier snout from 1925 to 1953

serva in ogni caso come nella fig. 1 vi siano ampie superfici dove la riduzione di spessore è stata superiore agli 80 m (ciò è particolarmente evidente nel settore inferiore dove nel 1953 non esiste più ghiaccio e la fronte del Lys è risalita da 2150 m a 2350 m con una riduzione lineare di circa 750 m). Riduzioni minori sono osservabili sempre nel settore inferiore al contatto ghiaccio-roccia o meglio al contatto ghiaccio-detrito, legate evidentemente alla morfologia della sezione trasversale del ghiacciaio. Ben evidenti sono anche due aree longitudinali con ridotta riduzione di spessore, che delineano le grandi morene mediane, dove la copertura detritica ha ridotto l'ablazione.

Utilizzando il valore medio globale sopra indicato (-37 m di spessore di ghiaccio) e tenendo conto del tempo intercorso fra i due rilievi (28 anni), si ottiene una riduzione di spessore media annua di $1,32 \text{ m}$ di ghiaccio, corrispondenti (con una densità media del ghiaccio di 0,9) a $1,19 \text{ m}$ in equivalente in acqua.

Per quantificare le variazioni volumetriche della seconda metà del XX secolo, il rilievo del 1953 dopo avere convertito la sua georeferenziazione in UTM è stato confrontato con quello del 1994. Per quest'ultimo non si è reso necessario digitalizzare le curve di livello, perché sono stati utilizzati i file vettoriali della fotorestituzione gentilmente concessa dall'ENEL S.p.A. che aveva fatto effettuare il volo aereo «Monte Rosa» (ottobre 1994), relativo al Ghiacciaio del Lys. Dopo aver costruito i DEM, si sono calcolate, con la funzione *cut-fill* le variazioni volumetriche considerando l'area di massima espansione del ghiacciaio nei due anni che, come appare nella fig. 2, coincide quasi perfettamente fra il 1953 e il 1994.

La riduzione volumetrica fra i due anni indicati è stata di $13.788.199 \text{ m}^3$, cui si è contrapposto un incremento di 112.836 m^3 ; il bilancio che ne risulta è quindi lievemente meno negativo e corrisponde a $-13.675.363 \text{ m}^3$. Nella fig. 2 sono indicate le differenze di livello della superficie della lingua di ablazione del Ghiacciaio del Lys dal 1953 al 1994. Contrariamente alla fig. 1, dove le variazioni di spessore arealmente più estese appartenevano alle classi «da -40 » a «oltre -80 m », in questo secondo confronto le fasce più rappresentate sono quelle «da 0 » a « -20 m ». La perdita media di spessore è risultata di $17,2 \text{ m}$. Le riduzioni minori si osservano anche in questo caso lungo aree longitudinali corrispondenti alle morene mediane, dove, nel settore inferiore della lingua, si osservano addirittura evidenti incrementi. Tenendo conto del tempo intercorso fra i due rilievi (41 anni), si ottiene una riduzione di spessore media annua di $0,42 \text{ m}$ di ghiaccio, corrispondenti a $0,38 \text{ m}$ in equivalente in acqua.

I dati ottenuti indicano una notevole perdita di volume del Ghiacciaio del Lys fra il 1925 e il 1994, corrispondente a un equivalente in acqua di circa 54 milioni di m^3 , con una riduzione media di spessore di $54,4 \text{ m}$ (pari ad una lama d'acqua dello spessore di 49 m). La dinamica del ghiacciaio si inserisce dunque nel quadro della sensibile riduzione del glacialismo che ha caratterizzato le Alpi Italiane (e in generale i ghiacciai delle catene montuose) durante il XX secolo. È tuttavia interessante osservare come questa riduzione sia avvenuta per il Lys con ritmi mol-

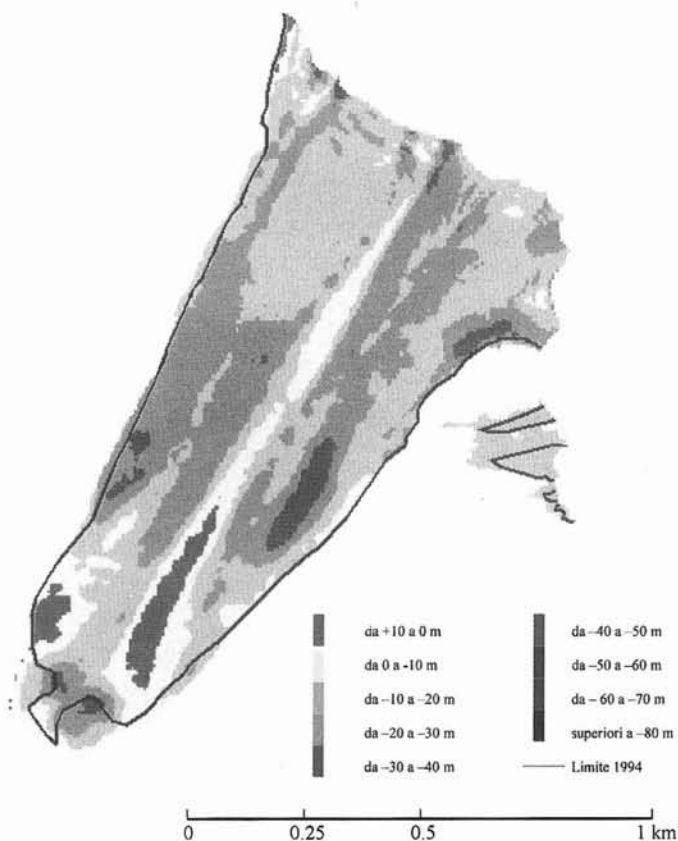


FIG. 2 - Variazioni di spessore della lingua del Ghiacciaio del Lys fra il 1953 e il 1994.

FIG. 2 - Thickness changes of the Lys Glacier snout from 1953 to 1994

to diversi fra la prima metà e la seconda metà del secolo (almeno per quanto si riferisce ai periodi presi in considerazione dalle carte topografiche utilizzate). Sensibilmente differenti sono infatti le riduzioni 1925-1953 e 1953-1994 per quanto riguarda la superficie, i volumi e gli spessori. Limitandosi a questi ultimi, basterà ricordare i valori medi annui già sopra presentati che indicano un bilancio netto medio annuo di $-1,19$ m in equivalente in acqua fra il 1925 e il 1953 contro $-0,38$ m fra il 1953 e il 1994. La differenza tra i due periodi è molto elevata e se ne ricava che nella seconda metà del XX secolo l'ablazione sulla lingua del Ghiacciaio del Lys è stata circa cinque volte minore rispetto a quella che lo ha fortemente caratterizzato a partire dagli Anni Venti.

La causa di questo rallentamento dell'ablazione nella seconda metà del secolo XX, seguito al periodo di intenso regresso verificatosi fra il 1922 e il 1972 (quando il Lys ar-

retra di 330 m), è con ogni probabilità riconducibile alla generale fase di espansione manifestata da quasi tutti gli apparati alpini nel periodo compreso tra il 1970 e il 1985. Il fenomeno si è manifestato con un incremento dell'accumulo nei bacini collettori e in una riduzione dell'ablazione nei settori inferiori (Wood, 1988; Zanon, 1991; Cerutti, 1992). Il bilancio positivo così derivante ha portato ad un'avanzata delle fronti, che per il Lys si è verificata fra il 1973 e il 1985 con un'espansione lineare di 93 m. Questo evento è stato provocato da una fase climatica caratterizzata da una diminuzione della temperatura media annua e da un concomitante aumento delle precipitazioni. Per quanto riguarda il Ghiacciaio del Lys, l'elaborazione dei dati meteorologici 1928-1993 della vicina stazione del Lago Gabiet (2340 m) mostra chiaramente l'alternarsi di una fase calda e di una fase fredda. La prima è particolarmente intensa nel decennio 1943-1953, quando le temperature medie estive restano quasi costantemente al di sopra di 8°C , mentre la seconda raggiunge il suo acme fra il 1974 e il 1984, quando le temperature scendono anche al di sotto di 6°C . Le precipitazioni invernali dal 1934 si riducono costantemente (toccando minimi di 600 mm), fino al 1968 quando mostrano una netta inversione e arrivano a un massimo di 1800 mm.

BIBLIOGRAFIA

- CERUTTI A.V. (1992) - *L'espansione dei ghiacciai del Monte Bianco fra il 1962 e il 1989*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 15, 75-84.
- CUNIETTI M. & MARAZIO A. (1955) - *Rilievo fotogrammetrico della lingua terminale del Ghiacciaio del Lys eseguito nell'Agosto 1953*. Boll. Com. Glac. It., ser. 2, 6, 1-18.
- MONTERIN U. (1931) - *Ricerche sull'ablazione e sul deflusso glaciale nel versante meridionale del Monte Rosa*. Boll. Com. Glac. It., ser. 1, 11, 49-125.
- MOTTA M. (1996) - *Studio del rapporto accumulo/ablazione in un ghiacciaio alpino di grandi dimensioni: l'esempio del Ghiacciaio del Lys (Monte Rosa, Valle di Gressoney)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 18, 305-313.
- PELFINI M., BELLONI S., ROSSI GC. & STRUMIA G. (1997) - *Response time of the Lys Glacier (Valle d'Aosta). An example of dendrogeomorphological and environmental study*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 20, 329-338.
- 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 XX secolo», Roma, 5-6 Aprile 1990, Mem. Soc. Geogr. It., 46, 153-165.