

GIOVANNI MORTARA (\*), FURIO DUTTO (\*\*) & FRANCO GODONE (\*)

## EFFETTI DEGLI EVENTI ALLUVIONALI NELL'AMBIENTE PROGLACIALE: LA SOVRAINCISIONE DELLA MORENA DEL GHIACCIAIO DEL MULINET (STURA DI VALGRANDE, ALPI GRAIE)

**RIASSUNTO:** MORTARA G., DUTTO F. & GODONE F., *Effetti degli eventi alluvionali nell'ambiente glaciale: la sovraincisione della morena del Ghiacciaio del Mulinet (Bacino della Stura di Valgrande, Alpi Graie)*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

In anni recenti piogge di forte intensità concomitanti ad anormali rialzi termici ad alta quota, sono state responsabili dell'innescio di manifestazioni torrentizie parossistiche (*debris flow*) nelle immediate vicinanze delle fronti dei ghiacciai in diversi settori dell'arco alpino italiano. La nota mobilità dei *debris flow* è stata enfatizzata dall'elevata energia del rilievo, dal concorso dell'acqua di fusione di masse nevose e di ghiaccio e da una grande disponibilità di sedimenti sciolti. Aree antropizzate anche molto lontane dai luoghi d'innescio sono state raggiunte dalle colate detritiche con conseguenze talora assai gravi. Ad esempio, nel Settembre 1993, un'imponente colata detritica torrentizia, alimentata dall'enorme massa di depositi glaciali presa in carico dal T. Bramafam a seguito della eccezionale sovraincisione prodottasi nella morena frontale del Ghiacciaio del Mulinet, si propagò per oltre 4 km sino ad investire l'abitato di Forno Alpi Graie.

Il progressivo e pressoché ininterrotto ritiro dei ghiacciai in atto dalla seconda metà del sec. XIX ha liberato ampie superfici dove si è potuto impostare un reticolo idrografico che può prendere in carico, in situazioni meteo-climatiche come quelle sopra descritte, grandi masse di sedimenti glaciali incoerenti. Da ciò deriva un aumentato potenziale pericolo di *debris flow* da non sottovalutare, soprattutto nelle aree montane dove è maggiore lo sviluppo economico e la vocazione turistica.

**TERMINI CHIAVE:** Erosione impulsiva, Colata detritica torrentizia, Morena, Piccola Età Glaciale, Rischio, Alpi.

**ABSTRACT:** MORTARA G., DUTTO F. & GODONE F., *Failures induced by heavy rainfall in proglacial environment: the downcutting of neoglacial moraine of Mulinet Glacier (Upper Valle di Lanzo, Western Alps)*. (IT ISSN 0391-9838, 1995).

Recently areas close to the snout of several Italian glaciers have been the starting zones for debris flows triggered both by heavy rainfall associated with melting of ice and snow to unusually high elevation in glacierized basins and by sudden emptying of englacial or proglacial lakes. The well-known mobility of debris flows has been emphasised by the high potential on energy of the mountain slope and large amounts of readily available material and water. Even at great distance from the start zone, debris flows have reached inhabited areas causing sometimes severe damage. For instance, in the north-western Alps, during a rainstorm in September 1993, a violent debris flow resulting from strong downcutting of a small stream on the face of the neoglacial moraine of Mulinet Glacier, travelled as far as 4.5 km and hit the village of Forno Alpi Graie. These high-energy geomorphic events are a potential glacier-related hazard that should not be underestimated, especially areas where alpine valleys are in developed for recreational use. Debris flow hazards related to glacial activity could become more important in the near future because of the increased availability of loose, erodible debris in areas recently exposed by glaciers, that are undergoing a phase of general retreat.

**KEY WORDS:** Moraine downcutting, Debris flow, Little Ice Age, Risk, Alps.

### PREMESSA

Nella seconda decade del Settembre 1993 un'intensa perturbazione di provenienza mediterranea stazionò per alcuni giorni sul versante padano delle Alpi Nord-Occidentali; piogge abbondanti e persistenti caddero anche a quote insolitamente elevate, essendo l'isoterma 0 °C intorno a 3300-3500 m s.l.m. Il dilavamento di falde detritiche e di apparati morenici fornì ingenti quantità di sedimenti sciolti ai torrenti glaciali ingrossati anche dagli apporti dell'acqua di fusione di ghiaccio e di neve residua. Ne conseguirono violente piene torrentizie con elevatissimo carico solido, responsabili di danni diffusi alla rete stradale e a insediamenti antropici (TROPEANO & *alii*, 1995). Rilevanza del tutto particolare, anche per le conseguenze sofferte dall'abitato di Forno Alpi Graie (TO), assunse l'enorme colata

(\*) CNR-Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) nel Bacino Padano. Strada delle Cacce 73, 10135 Torino (Italia).

(\*\*) Presidenza del Consiglio dei Ministri-Ufficio Idrografico e Mareografico per il bacino del Po, sezione di Torino. Corso Bolzano 44, 10121 Torino (Italia).

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

G. MORTARA e F. DUTTO hanno curato i rilievi sul terreno e gli aspetti morfologici, F. GODONE ha realizzato i modelli digitali. Gli autori ringraziano i colleghi del CNR-IRPI di Torino E. BERETTA, responsabile del Servizio Aerofototeca, G. RIVELLI per le misure morfometriche al digimetro, P.G. TREBÒ per la fotografia, E. VIOLA per la grafica. Un ringraziamento doveroso è dovuto a A. DEGANUTTI e L. MARCHI del CNR-IRPI di Padova e all'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Tolmezzo (Ud) per la documentazione sulla morena del Ghiacciaio del Montasio.

Lavoro eseguito con il contributo finanziario del CNR-Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (Collana GNDCI, n. 1158).

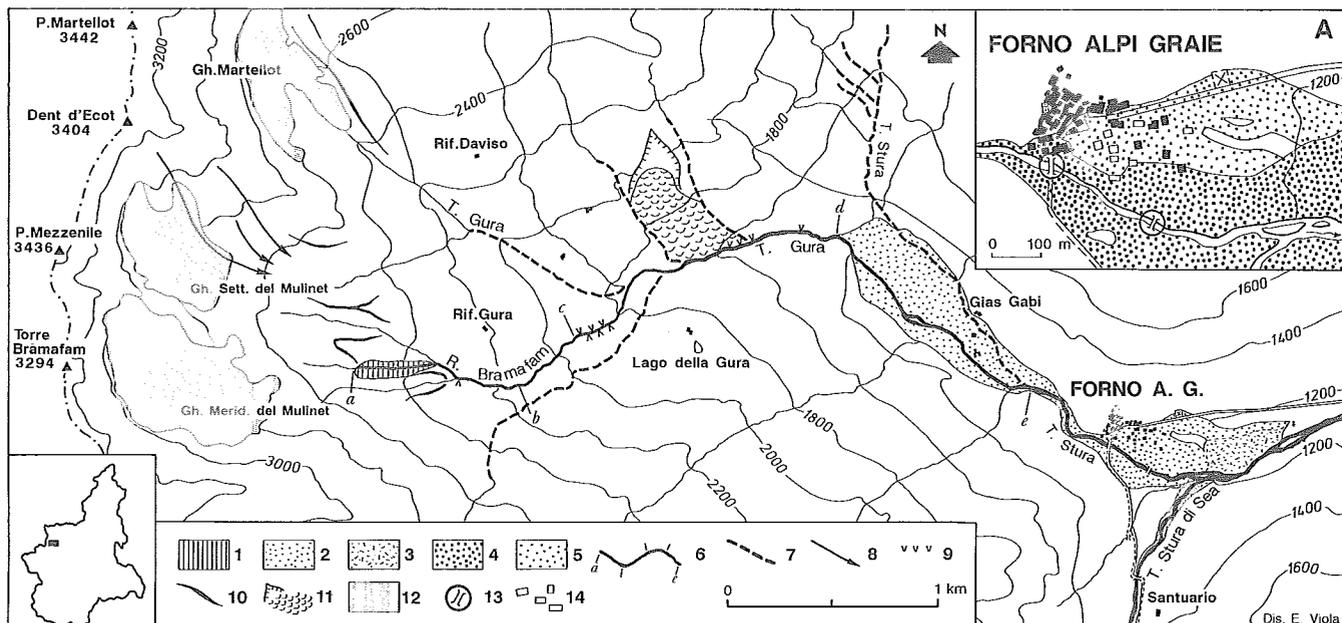


Fig. 1 - Carta degli effetti dell'evento alluvionale del 24 Settembre 1993 alla testata del bacino della Stura di Valgrande: 1) incisione di neoformazione; 2) area di deposito della colata detritica del Rio Bramafam; 3) area di deposito della piena del T. Stura di Sea; 4) Forno Alpi Graie (A), deposito con prevalenti massi e ciottoli; 5) idem, deposito con prevalenti ghiaie e sabbie; 6) alveo percorso da colata detritica; processi prevalenti: tronco d'alveo a-b e c-d erosione / b-c trasporto / d-e deposito; 7) tronco d'alveo con tracce di modesta attività torrentizia; 8) colata di terriccio di modestissima entità; 9) accentuata erosione spondale; 10) morena della Piccola Età Glaciale; 11) antica frana; 12) ghiacciaio; 13) ponte gravemente danneggiato; 14) edifici costruiti dopo il 1954.

Fig. 1 - Sketch map showing failures triggered by heavy rainfall of September 24, 1993 in Stura di Valgrande Valley: 1) breach in neoglacial moraine; 2) flooded area (mainly coarse debris) by debris flow resulting by breaching event; 3) flooded area by Torrente Stura di Sea; 4) Forno Alpi Graie village (A), mainly boulder and cobble deposit; 5) idem, mainly gravel and sand deposit; 6) extent of the debris flow resultig by breaching event; main process: channel reaches a-b e c-d erosion / b-c transport / d-e sedimentation; 7) channel reach with slight failures; 8) very limited debris flow; 9) intense bank erosion; 10) Little Ice Age moraine; 11) ancient landslide; 12) glacier; 13) bridge damaged; 14) houses built after 1954.

detritica che si originò nell'alto bacino del T. Bramafam a seguito dell'apertura di un profondissimo solco nella morena storica del Ghiacciaio del Mulinet in Val di Lanzo (fig. 1). Il presente lavoro descrive le modalità evolutive di questa grandiosa forma di erosione impulsiva con pochi precedenti nelle Alpi italiane che qui vengono richiamati.

## EROSIONE IMPULSIVA NEGLI APPARATI MORENICI: CASI STORICI

### *Morena del Ghiacciaio del Mulinet (Alpi Graie)*

La morena in cui si è prodotta l'incisione oggetto di studio si colloca nell'alto bacino del Rio Bramafam, alla testata della Valgrande di Lanzo, dove sono ospitati i piccoli ghiacciai Meridionale e Settentrionale del Mulinet. I due ghiacciai, con fronte pensile, sono attualmente alloggiati in circhi distinti, ma almeno fino agli anni '30 costituivano un'unica massa di notevole consistenza (SACCO, 1928; CAPELO, 1933), contenuta all'interno del plurilobato apparato morenico edificato un secolo prima, durante la massima espansione storica della Piccola Età Glaciale.

Prima dell'evento alluvionale del 1993 le acque defluenti dal bacino glaciale emergevano, dopo un breve per-

corso ipogeo, in prossimità di una vallecchia esterna alla morena laterale sinistra del lobo più sviluppato del ghiacciaio storico, luogo d'origine del T. Bramafam. Ed è nell'iniziale percorso del torrente, a quota 2525 m circa, che nel pomeriggio del 24 settembre 1993 si innescò un processo erosivo di straordinaria entità (fig. 2). La vallecchia si approfondì mediamente di una quindicina di metri, ma a luoghi anche di 40-50 m, per una lunghezza di circa 450 m. L'intensissimo e rapido approfondimento del fondo richiamò enormi quantità di materiali sciolti dai fianchi della depressione che assunse un profilo trasversale spiccatamente asimmetrico. Sul fianco sinistro vennero decapitati alcuni impluvi secondari, mentre su quello opposto la morena laterale sopra citata fu smantellata per circa metà della sua lunghezza originaria. Anche un piccolo arco morenico legato probabilmente alla pulsazione degli anni 1920-'21, venne del tutto demolito.

Dal confronto di due modelli digitali ottenuti da restituzioni aerofotogrammetriche di immagini eseguite prima e dopo l'evento (fig. 3), si è potuto stimare in circa 800.000 m<sup>3</sup> il volume dei sedimenti asportati dall'apparato morenico. In pianta l'incisione si presenta fusiforme con bordi frastagliati, distanziati sino ad un valore massimo di circa 200 m. I bordi si avvicinano progressivamente via via che il canale in cui scorre il Rio Bramafam si approssima

FIG. 2 - La profonda incisione nella morena storica del Ghiacciaio del Mulinet prodottasi durante l'evento alluvionale del 24 Settembre 1993.

FIG. 2 - Oblique view of the terminal moraine of Northern Mulinet Glacier. The deep trough from which the debris flow started on September 24, 1993 is evident. The glacier is retreating from the Little Ice Age moraine.

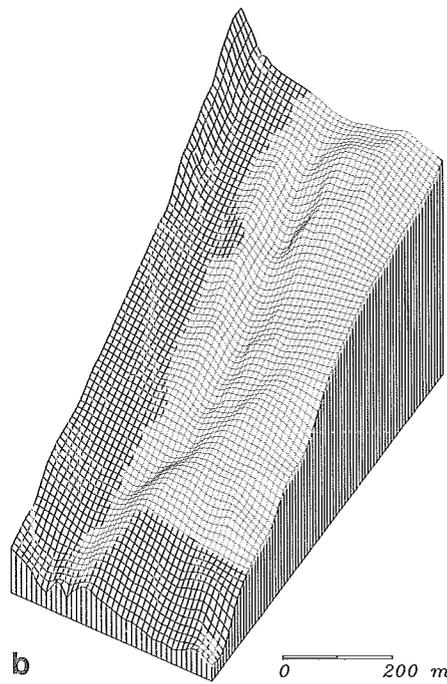
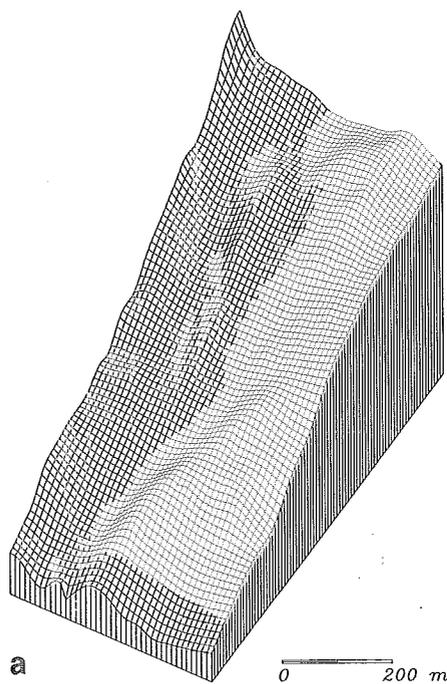


FIG. 3 - Il confronto tra i due modelli digitali del terreno consente di apprezzare le modificazioni avvenute nella morena del Ghiacciaio del Mulinet. I due modelli sono stati realizzati utilizzando aerofotografie del 1975 (a) e del 29 Settembre 1993 (b) e sono composti ciascuno da 600 punti campionati in modo casuale.

FIG. 3 - A comparison between the two renderings of Digital Terrain Model (DTM) evidences how the moraine of Mulinet Glacier was modified during the event of September 24th, 1993. The models, obtained by airphotographs of 1975 (a) and September 29, 1993 (b) respectively, consist of 600 points each, randomly selected.

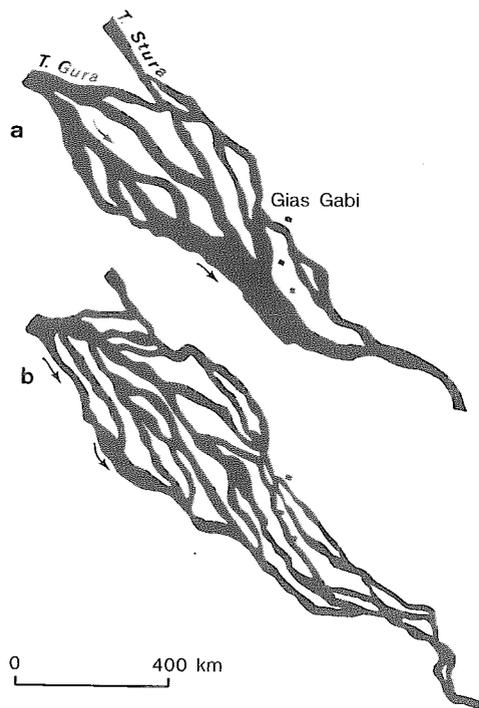
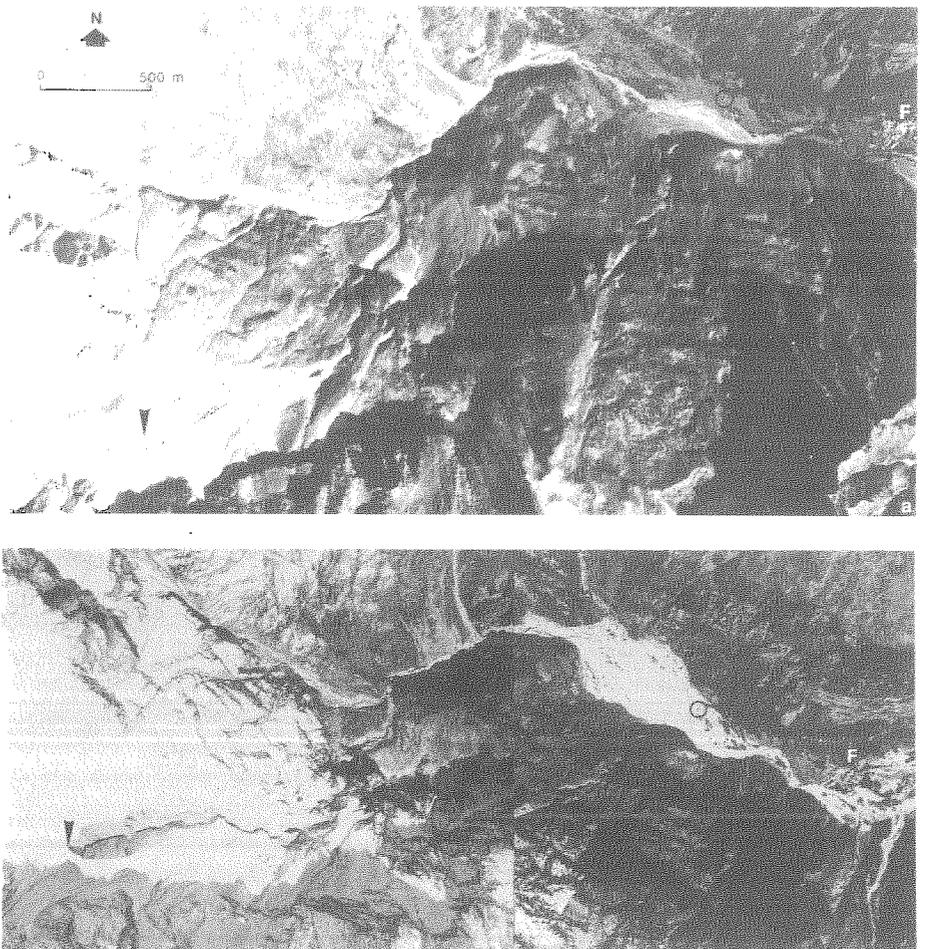


FIG. 4 - Il reticolo idrografico nella varice del Gias Gabi prima (a) e dopo (b) il passaggio della colata detritica del 24 Settembre 1993 (da aerofotografie).

FIG. 4 - Changes in the channel pattern (mapped from airphotos) in the flat area where the Gabi hamlet is located, before (a) and after (b) the debris flow of September 1993.

FIG. 5 - La testata della Valgrande di Lanzo prima (a) e dopo (b) il catastrofico evento alluvionale del 24 Settembre 1993. È chiaramente visibile il percorso della colata detritica a partire dall'incisione (freccia) apertasi nell'alto bacino del T. Bramafam. A monte dell'abitato di Forno Alpi Graie (F) si apre l'ampia varice del Gias Gabi (cerchio), dove si depositò gran parte dei materiali rimossi dalla morena del Ghiacciaio del Mulinet.

FIG. 5 - The comparison of vertical airphotos taken before (a) and after (b) September 24, 1993, showing the path of the debris flow starting from the deep trough in the moraine of the Mulinet Glacier (arrow). Upstream from the village of Forno Alpi Graie (F), a flat area can be seen where the most coarse debris has been deposited (the circle indicates the Gabi hamlet).



ad una forra che incide un gradino roccioso alto circa 300 m. Da questa forra la massa detritica rimossa venne espulsa con grande violenza come lasciano dedurre l'accentuato approfondimento del fondo-alveo, spinto sino al substrato roccioso, e le ampie erosioni laterali.

Poco più a valle, il Rio Bramafam trasferì il suo enorme carico solido nell'alveo del T. Gura, in piena molto modesta nonostante questo corso d'acqua drena un bacino di superficie cinque volte maggiore di quella sottesa dal suo tributario. Allo sbocco nell'ampia varice di Gias Gabi la colata detritica si espanse a ventaglio alluvionando una superficie di circa 400.000 m<sup>2</sup> con spessore medio di deposito di 1-2 m. Il sistema idrografico di fondovalle subì sensibili trasformazioni planoaltimetriche per l'occlusione di canali preesistenti e l'incisione di nuove vie di deflusso (fig. 4); il nodo di confluenza con il T. Stura si spostò 200 m più a valle. Il flusso lapideo, pur decapitato della rilevatissima frazione abbandonata nella varice, si propagò verso valle ancora per alcune centinaia di metri sino ad arrestarsi, nella piana alluvionale di Forno Alpi Graie (m 1217), dopo un percorso di 4.5 km (fig. 5). L'abitato fu investito a più riprese da una massa caotica di grossi blocchi e tronchi d'albero che raggiunse tra le case l'altezza di 3-4 metri.

#### *Morena del Ghiacciaio del Sissone (Alpi Retiche)*

Il fenomeno sopra illustrato presenta singolari analogie con quello avvenuto in Val Sissone nel comune di Chiesa Val Malenco (SO) il 15 Settembre 1950, al termine di una giornata che era iniziata con «aria sciroccale molto calda e umida» seguita da «pioggia abbondante, anche se alquanto tranquilla». Boati e rumori fortissimi accompagnarono il rapidissimo aumento di livello del T. Sissone: un «impasto di acqua e fango, giganteschi massi di granito e tronchi d'albero divelti», di volume superiore ad un milione di m<sup>3</sup> (NANGERONI, 1951), si distribuì lungo l'asse vallivo per un tratto di oltre 10 km, con locali accumuli di 30 m di spessore (CORRIERE DELLA VALTELLINA, 1950). Il Rifugio Nucci, due baite dell'Alpe Forbicina e quattro ponti furono distrutti. La provenienza dell'enorme massa detritica presa in carico dal torrente fu individuata nella morena latero-frontale del Ghiacciaio del Sissone all'inserzione nella morena laterale sinistra del grande Ghiacciaio Disgrazia, dove, nel volgere di due ore, si era aperto un solco di neoformazione lungo circa 600 m, largo fino a 200 m e profondo 60 m (figg. 6-7).

#### *Morena del Ghiacciaio Occidentale di Montasio (Alpi Giulie)*

Il 14 Settembre 1993, dopo abbondanti piogge, nell'insellatura all'estremità destra della morena frontale del Ghiacciaio Occidentale di Montasio si aprì un intaglio profondo 4-6 m e largo circa 25 m (fig. 8) Una massa detritica di volume complessivo stimata in diverse decine di migliaia di m<sup>3</sup>, si riversò a valle con iniziale direzione verso NW, quindi virò bruscamente verso ESE aggirando lo sperone roccioso su cui si trova il Rifugio Stuparich (fig. 9). Abbandonata la frazione granulometrica più grossolana la colata si diresse verso il fondo della Valle Saisera dove si arrestò in località Spragna, 1000 m più in basso e 1250 m distante

dal luogo di partenza. Una fascia di bosco d'alto fusto e di vegetazione arbustiva, estesa per circa 15.000 m<sup>2</sup>, subì notevoli danni.

#### *Morena del Ghiacciaio Orientale di M. Giove (Alpi Lepontine)*

Per due volte nel corso dell'Estate 1987 (Luglio e Agosto) nell'arco alpino centro-occidentale si ebbe la concomitanza dell'isoterma 0 °C oltre la quota 3500-4000 m con piogge di elevata intensità. Sulla superficie di numerosi ghiacciai delle Alpi Centro-Orientali italiane, svizzere e austriache furono osservati la riduzione o la scomparsa del nevato, il sensibile approfondimento dei canali sopragliaciaci (*bedières*) e, a valle delle fronti, l'ampliamento dell'alveo dei torrenti glaciali e diffuse evidenze di processi erosivi intensi negli apparati morenici (NAEF & *alii*, 1990; SMIRAGLIA, 1987).

L'area proglaciale fu sede di colate detritiche torrentizie che si propagarono sovente sino ai fondovalli principali. A titolo d'esempio si cita il *debris flow* che il 24 Agosto 1987 prese origine nella morena frontale del piccolo Ghiacciaio di Monte Giove in alta Val d'Ossola (fig. 10) e che si esaurì 3 km più a valle sul conoide alluvionale del T. Vannino, alluvionando un affollato campeggio in località Valdo di Formazza.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progressivo e pressoché ininterrotto arretramento delle fronti dei ghiacciai alpini in atto dalla seconda metà del sec. XIX ha portato sensibili modificazioni morfologiche nei settori più elevati dei bacini montani (O'CONNOR & COSTA, 1993). Sulle superfici lasciate libere dai ghiacciai si è venuto ad impostare un reticolo idrografico di neoformazione che può attivarsi in occasione di intense precipitazioni. La grande disponibilità di sedimenti (*till* di ablazione e *till* di alloggiamento) non stabilizzati, con abbondante matrice fine, può concorrere all'esaltazione dei processi torrentizici che in questo ambiente, infatti, assumono più frequentemente i caratteri delle colate detritiche, come ben evidenzia la casistica qui presentata.

Dall'analisi di questi casi e di altri citati in letteratura (REY & DAYER, 1990; WARBURTON & FENN, 1994) si rileva che un contributo al deflusso può venire dalle acque di fusione di masse nevose e di ghiaccio a causa dell'innalzamento della quota dell'isoterma 0 °C. Poiché corpi lenticolari decametrici di ghiaccio sono venuti a giorno nella zona di innesco delle incisioni nelle morene del Ghiacciaio del Mulinet (fig. 11a) e del Ghiacciaio Occidentale di Montasio (fig. 11b), si può avanzare l'ipotesi che la parziale fusione di queste masse di ghiaccio sepolto abbia svolto un ruolo determinante nella perdita di coesione dei sedimenti dei corpi morenici.

Appare invece meno verosimile attribuire la causa della sovraincisione delle morene all'improvviso rilascio di un invaso lacustre temporaneo a monte della zona d'innescio, non essendone stata trovata traccia in entrambi i casi succitati: elevate portate istantanee potrebbero, quindi, deri-

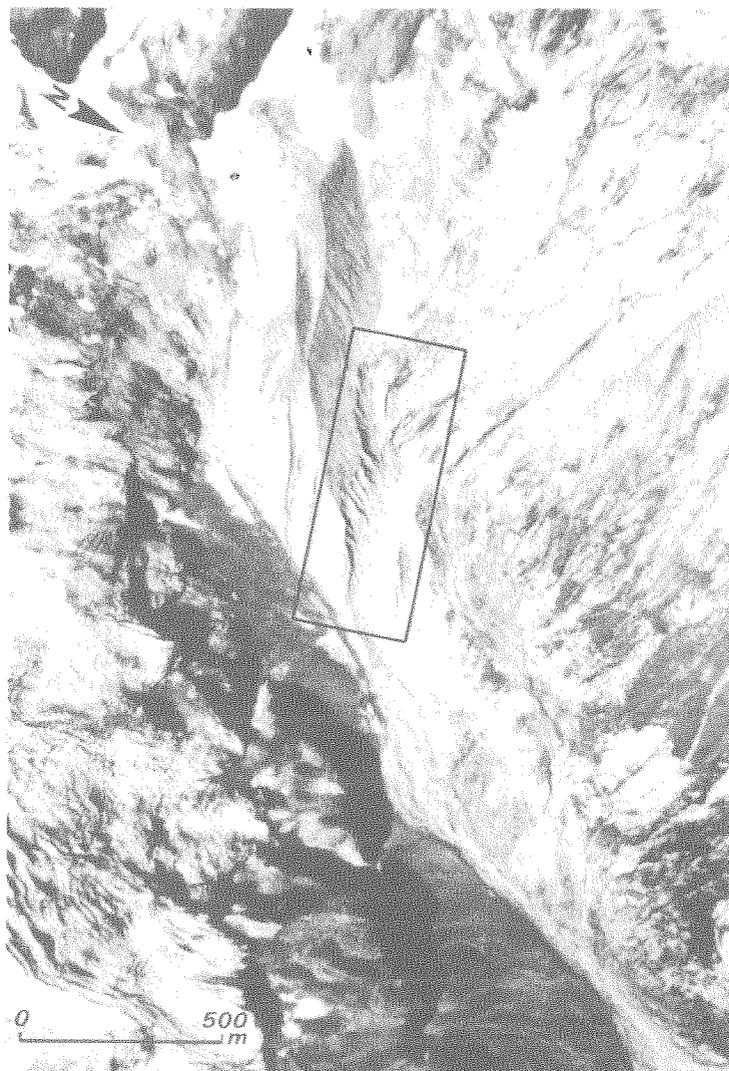


FIG. 6 - La grande incisione nella morena storica del Ghiacciaio del Sissone mostra ancora segni di freschezza in questa fotografia aerea scattata 20 anni dopo l'evento del 15 Settembre 1950. Sul versante opposto della valle è visibile la fronte frastagliata del grande Ghiacciaio Disgrazia.

FIG. 6 - The frame evidences the deep breach produced in September 1950 on the neoglacial moraine of Sissone Glacier (air-photograph of 1970/71). On the opposite side of the valley the jagged snout of Disgrazia Glacier (Central Italian Alps).

vare semplicemente da fattori meteorici con il contributo di acqua di fusione glciale e nivale ed un ruolo determinante sarebbe invece svolto dal cedimento della struttura morenica a causa della fusione parziale delle lenti di ghiaccio sepolto. D'altra parte sono noti esempi accertati, anche nell'ambiente glaciale italiano, del ruolo destabilizzante di lenti sepolte di ghiaccio fossile in caso di loro fusione (EVANS & CLAGUE, 1994; HAEBERLI & EPIFANI, 1986).

Un evento alluvionale nell'ambiente glaciale ha minori probabilità di accadimento che non a quote inferiori: non per questo devono essere sottovalutate le conseguenze di piogge intense e abbondanti che possono cadere sui ghiacciai e nelle aree proglaciali in presenza di opportune condizioni meteo-climatiche. In tali circostanze, i bacini glaciali possono diventare sede di fenomeni impulsivi di instabilità in grado talora di modificare radicalmente la configurazione del territorio e di produrre effetti che possono ripercuotersi per lunghe distanze, con grave rischio per gli insedia-

menti antropici di fondovalle. Va inoltre tenuto conto che l'approfondimento fortissimo e pressochè istantaneo in morene di recente deposizione induce certamente il perdurare di condizioni di diffusa instabilità sui fianchi dell'incisione: nell'alveo del Rio Bramafam nei giorni 25-26 giugno 1994, al riprodersi di condizioni meteorologiche simili a quelle del settembre 1993, prese nuovamente origine una piena con elevato trasporto solido grazie all'ampia disponibilità di materiale sciolto deposto dall'evento precedente e di quello veicolato da frane e valanghe al fondo dell'incisione di neoformazione.

Questo lavoro ha inteso portare un contributo alla conoscenza e comprensione di fenomeni d'instabilità nell'ambiente glaciale altamente pericolosi, probabilmente destinati ad essere sempre più ricorrenti stante il perdurare della fase di ritiro dei ghiacciai e quindi delle condizioni favorevoli all'innescio di tali fenomeni. La descrizione delle modalità con cui si sono create le straordinarie incisioni nei

FIG. 7 - Alta Val Sissone. Questa immagine documenta gli effetti della piena torrentizia del 18 luglio 1987 che aveva preso origine dai ghiacciai di testata, ma può suggerire il percorso seguito dalla devastante colata detritica del 15 Settembre 1950 associata alla straordinaria sovraincisione (freccia) della morena del Ghiacciaio del Sissone (foto Benini, Sondrio).

FIG. 7 - Glacier flood produced in July 18, 1987 in Val Sissone (Central Italian Alps). The same path was followed from the debris flow occurred, with much more catastrophic effects, in September 1950 as a consequence of the breaching event in Sissone Glacier moraine (arrow).



FIG. 8 - Vista verso monte dell'ampio intaglio apertosi nella morena frontale del Ghiacciaio Occidentale del Montasio nel settembre 1993 (Foto Archivio CNR-IRPI Padova).

FIG. 8 - The breach on the frontal moraine of Western Montasio Glacier (Eastern Italian Alps) occurred in September, 14th 1993. View from the base of the moraine, glacier in the background.

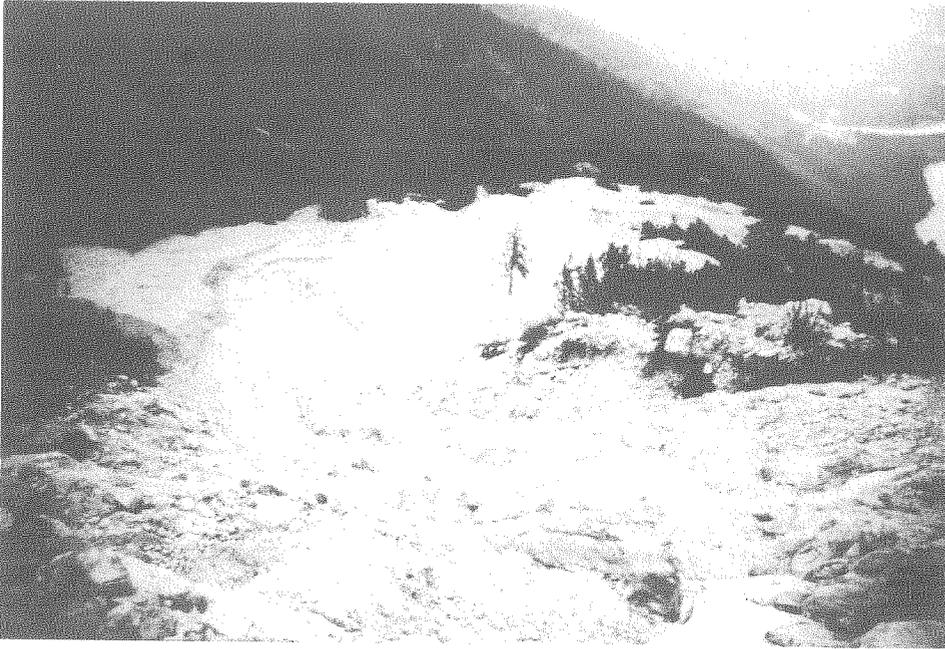


FIG. 9 - Vista verso valle della colata detritica torrenzialia che prese origine dall'incisione di neoformazione nella morena frontale del Ghiacciaio Occidentale del Montasio (Foto Archivio CNR-IRPI Padova).

FIG. 9 - An oblique view of the debris flow started from the breach of Western Montasio Glacier. The debris flow incorporated a large quantity of the loose and instable morainal debris.

FIG. 10 - Tracce di ruscellamento concentrato sulla morena frontale del Ghiacciaio Orientale del Monte Giovo conseguenti all'evento alluvionale dell'Agosto 1987.

FIG. 10 - Vertical airphoto of Eastern Monte Giovo Glacier (Ossola Valley, Western Alps) The picture, taken in September 1987, shows evident marks of the erosion on the frontal moraine triggered by the heavy rainfall of August 1987.

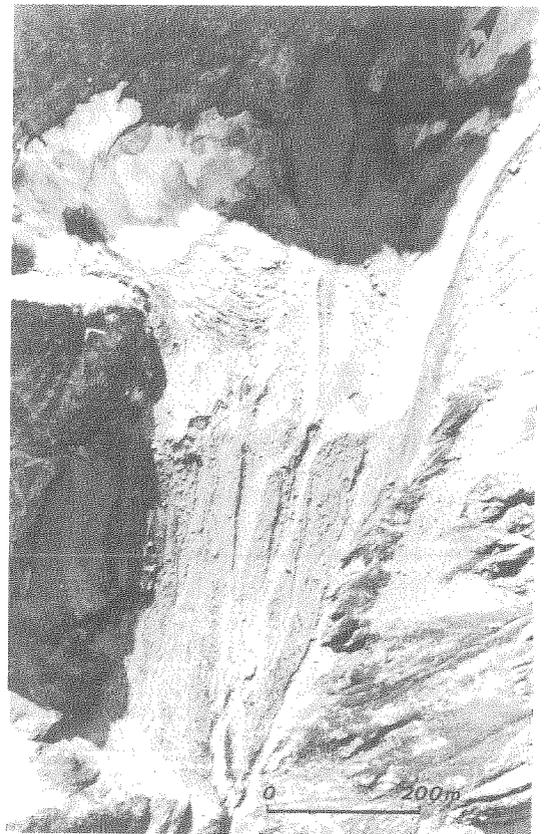




FIG. 11 - Masse di ghiaccio sepolto sepolte sotto una sottile coltre di detriti sono venute a giorno nelle profonde incisioni apertesi rispettivamente nella morena del Ghiacciaio del Mulinet (a) e in quella del Ghiacciaio Occidentale di Montasio (b).

FIG. 11 - Buried glacier ice exposed in the deep breaches recently eroded in the Mulinet Glacier moraine (a) and Western Montasio Glacier moraine (b).

corpi morenici sopra citate consente anche la corretta interpretazione genetica di forme del paesaggio determinate non da processi erosivi prolungati nel tempo, bensì da processi ad evoluzione istantanea, di insospettata magnitudo.

#### BIBLIOGRAFIA

- CAPELLO C.F. (1933) - *Appunti storici sui ghiacciai delle Valli di Lanzo*. Riv. mensile Club Alpino, 52(2), 83-90.
- CORRIERE DELLA VALTELLINA (1950) - *Una grave minaccia per Chiareggio*. Edizione del giorno 23 Settembre.
- EVANS S.G. & CLAGUE J.J. (1994) - *Recent climatic change and catastrophic geomorphic processes in mountain environments*. Geomorphology, 10, 107-128.
- HAEBERLI W. & EPIFANI F. (1986) - *Mapping the distribution of buried glacier ice. An example from Lago delle Locce, Monte Rosa, Italian Alps*. Ann. Glaciol., 8, 78-81.
- NAEF F., HAEBERLI W., JÄGGI M. & RICKENMANN D. (1990) - *Morphologische Veränderungen in den Schweizer Alpen als Folge der Umwetter vom Sommer 1987*. Oest. Wasserwirtschaft, 40, 134-138.
- NANGERONI G. (1951) - *La frana di Val Sissone (15 Settembre 1950)*. Natura, 42, 11-17.
- O'CONNOR J.E. & COSTA J.E. (1993) - *Geologic and Hydrologic Hazards in Glacierized Basins in North America Resulting from 19th and 20th Century Global Warming*. Nat. Hazards, 8, 121-140.
- REY Y. & DAYER G. (1990) - *Les crues de l'été 1987 dans les bassins versants glaciaires des Alpes Pennines*. La Houille Blanche, 45, 349-353.
- SACCO F. (1928) - *Il Glacialismo nelle Valli di Lanzo*. Min. Lavori Pubbl. Serv. Idrogr., Pubbl. n. 10, 29 pp.
- SMIRAGLIA C. (1987) - *L'alluvione del luglio 1987 in Valtellina. Contributo alla conoscenza del quadro climatico e glaciologico*. Boll. Soc. Geogr. It., ser. 11, 4, 509-542.
- TROPEANO D., ARATTANO M., DEGANUTTI A.M., LUINO F., CIARMATORI L. & DUTTO F. (1995) - *L'evento alluvionale del 23-25 settembre 1993 in Liguria, Piemonte e Valle d'Aosta. Aspetti idrologici e geomorfologici*. Quad. Studi Documentazione, 18, suppl. a GEAM-Geoinf. Ambient. Miner., 32 (2-3), 43 pp.
- WARBURTON J. & FENN C.R. (1994) - *Unusual flood events from an Alpine glacier: observations and deductions on generating mechanisms*. Journ. Glaciol., 40, 176-186.