

MANTO NEVOSO E MORFOLOGIA

Sono forse opportune alcune premesse per fissare almeno i limiti del campo d'esame. Dovremo, penso, considerare non solo l'azione geomorfologica della neve come tale, ma anche l'azione di quanto deriva dalla neve, come, ad es., l'acqua di fusione nivale e le variazioni termiche e bariche negli immediati dintorni dello spazio innevato (quindi freddo e venti freddi), soprattutto quando la morfologia è varia; non invece la neve come produttrice diretta di ghiaccio di ghiacciaio. Di più, dovremo, nell'esame, distinguere l'azione della neve in movimento da quella della neve statica, e questa in rapporto alle variazioni di superficie e di spessore della stessa neve nel tempo e quindi anche in rapporto alla periodicità della sua presenza. In generale, la trattazione della geomorfologia da neve, cioè della « nivazione » propriamente detta, è associata a quella della « gelivazione », o del gelo discontinuo, tanto che il tutto fa parte, ancor oggi, della fenomenologia chiamata « periglaciale » o, più propriamente, « crionivale », per quanto si tratti quasi sempre di fenomeni ben diversi, tanto che, al limite, si potrebbe parlare di fenomeni in opposizione: prevalentemente di protezione, quello della neve, di distruzione, quello del gelo propriamente detto, cioè gelo da acqua liquida. Riesce quindi difficile dalle indagini degli studiosi, come d'altronde spesso in natura, separare nel nostro caso ciò che viene da nivazione da quello che è da gelivazione. Questo valga in generale e valga anche per i lavori di studiosi italiani o eseguiti in terra italiana. In generale poi debbo dire che alla neve si dà un'importanza troppo ristretta rispetto a quanto richiederebbe l'argomento e a quanto, giorno per giorno, si vede e a quanto abbiamo udito nelle precedenti relazioni riguardanti la nevosità in Italia e la durata del manto nevoso.

Quindi vorrei che queste mie parole servissero di sprone ai nostri studiosi di geomorfologia per far estendere il loro campo di indagine alle nevi, andando il più possibile al di là della semplice descrizione, pure minuta, ma ricercandone le cause e le condizioni, cosa che si può fare solo fermandosi per parecchio tempo, nei mesi più adatti, nelle località più adatte di montagna.

1. A prima vista sembra che la neve debba avere una preponderante funzione protettiva del suolo, almeno se questo è alquanto pianeggiante, perché, date le sue proprietà di coibente, ne impedisce un raffreddamento eccessivo: è un materasso che funziona da isolante tra l'atmosfera e il suolo, perturbando così i rapporti tra agenti atmosferici e suolo e, quindi, anche con la vegetazione (e con gli esseri viventi in genere).

Il Péguy riferisce come nei dintorni di Montréal i freddi precoci che precedono le nevicate invernali possano talora determinare il gelo nel terreno per più di 70 cm di profondità, mentre con il sopraggiungere della neve lo spessore del suolo gelato si riduce a pochi centimetri, se non si ha, addirittura, assenza completa di gelo. Peggio, in Manciuria, dove la neve è di sottile spessore, non è difficile, a temperatura eguale a quella di Montréal, che il gelo penetri nel suolo fino a superare i 2 m di profondità. Ricordo che a Montespluga, per tutto l'inverno, e a partire dalle prime nevicate novembrine, la temperatura del suolo coperto di neve (3, 5, 9 m) raramente si abbassa al di sotto di -1° , mentre nello spessore sovrastante, durante i grandi freddi, si hanno temperature che diminuiscono dal basso all'alto, fino a raggiungere in superficie i $-28^{\circ}/-30^{\circ}$. A 3000 m d'altezza, a Tré-la-Tête, riferisce il Péguy, riprendendo da P. Mougin che aveva collocato il termometro al suolo, con 5 m di copertura nevosa, dall'autunno alla primavera, non si era giunti al di sotto di -3° .

Numerose osservazioni in parecchie località della Francia centrale hanno mostrato che le variazioni diurne della temperatura si fanno sentire fino a 30 cm di profondità, se il suolo è innevato, ma fino a un metro, se manca la neve. Naturalmente, ciò è in rapporto con lo spessore del manto nevoso, perché da altre osservazioni risulta che, se lo spessore della neve è inferiore a 20-25 cm, il riscaldamento diurno interessa tutto lo spessore

del mantello, tanto che la permeabilità della neve alle radiazioni solari permette al suolo di funzionare da riflettore.

Senza la neve, nella montagna fredda si avrebbe il dominio della gelivazione, mentre un innevamento in anticipo sui primi geli tende a frenarla o ad annullarla. Pertanto sembrerebbe opportuno che venisse eliminato il termine di crionivale, perché comprende due gruppi di fenomeni quasi in opposizione, sia pur avendo il gelo come denominatore comune.

Quindi molti fenomeni che un tempo venivano riferiti alla neve, come, ad es., i suoli poligonali e i circhi nivali (F. E. Matthes, J. G. Andersson, ecc.), in realtà non avvengono se non in periodi, regioni o piccole località molto fredde, ma secche (per es., lo Spitsberg), così come il passaggio dai suoli a strisce che scendono come denti d'un pettine da un pendio, derivanti da fili d'acqua provenienti da nevi sovrastanti, a suoli poligonali, in sottostanti ambienti pianeggianti, privi o scarsi di neve.

Mi sono domandato spesso volte perché, in molti territori d'alta montagna, mancano quasi assolutamente fenomeni tipici crionivali, unicamente dovuti a gelo discontinuo, quali suoli poligonali, ecc., anche ad altitudini superiori ai 2500-2600 m, come nelle Alpi Orobie. Penso che si tratti, in linea generale, di territori in cui la neve dura sul terreno dai primi freddi alla tarda primavera, vale a dire occupa tutto il periodo gelivo, lasciando poco margine ai geli anteriori e alla successiva copertura di neve; e questo proprio avviene nelle Alpi Orobie, il cui limite delle nevi persistenti non supera, attualmente, i 2850-2900 m: indizio, quindi, di attiva protezione nivale.

Quanto alla vegetazione, la protezione nivale del suolo permette la conservazione d'una vegetazione erbacea (« sotto la neve pane », è un modo di dire popolare), mentre senza neve molti vegetali muoiono, non tanto per le basse temperature, quanto per l'eccessivo essiccamento, perché non riescono, naturalmente, ad assorbire il ghiaccio.

Durante il disgelo, sulle nostre Alpi e Prealpi le erbe dei pendii coperti dalla neve durante alcuni mesi di innevamento si presentano con tipiche caratteristiche: ben pettinate e coricate, aderenti al suolo per la compressione e il movimento della neve, giallognole o biancastre per l'assenza di clorofilla; però rapida-

mente, appena sopraggiunge l'acqua di fusione, tutto cambia, alti steli si sollevano e, quasi improvvisamente, tutto inverdisce per il rapido sviluppo di altri ciuffi di foglie completamente verdi.

E' anche noto che alcuni vegetali, pure tra quelli di categorie meno esigenti, non sopravvivono con la neve; esempio tipico è un lichene bruno della Lapponia, che cresce sui tronchi delle betulle, appena al di sopra dell'altezza in cui, su quei tronchi, arriva lo spessore della neve.

Sarebbe interessante esaminare se lo sviluppo della flora nivale prealpina sui prati in lenti pendii, magari ancora coperti di poca neve (*Soldanella*, *Helleborus niger*, *Ranunculus glacialis*, *Crocus*, *Dryas*, ecc.) sia in rapporto diretto anche con l'acqua di fusione delle nevi locali. Mi permetto di dire questo perché non è improbabile che derivi anche da acqua di fusione nivale proveniente dall'alto, dove la temperatura diurna può essere più elevata. Ricordo d'aver visto, nelle savane spinose del Kenia settentrionale e dell'Uganda, sui 2000 m, uno sviluppo notevole di foglioline almeno dieci giorni prima della prima pioggia, fatto spiegabile con la provenienza delle acque del sottosuolo dal vicino Monte Kenia e da altre montagne alte sui 3500 m e sulle quali le piogge cadono anche durante i periodi asciutti, in anticipo rispetto alle piogge dell'altopiano a savana.

2. Alla funzione protettiva del suolo quasi si oppone, da parte della neve, un'azione modificatrice morfologica molto notevole, sia diretta, specialmente quando è in movimento (valanghe, ecc.), sia indiretta, legata soprattutto al potere solvente (alternante) dell'acqua di fusione — azione che può essere anche chimico-fisica — e, ancora più indirettamente, all'azione criergica del congelamento delle acque nivali e all'azione di trasporto e di sedimentazione operata delle stesse acque.

L'azione delle valanghe rappresenta nel nostro caso il fenomeno più imponente: massi rocciosi, alberi, arbusti, materiale mobile del fondo e della base dei due versanti di canali vengono brutalmente staccati, trascinati e poi abbandonati in un ammasso confuso, in una congerie detritico-nivale, mentre il fondo roccioso del canale, messo a nudo, è soggetto all'azione criergica dalla quale prima era protetto. L'importanza delle valanghe, sia d'alta

montagna per il rifornimento nivale dei ghiacciai e che sul ghiacciaio portano non solo neve, ma blocchi di roccia e fango, sia di media montagna, cosa che a noi più direttamente interessa, è molto maggiore di quanto non si creda; e ciò non solo per le valanghe che precipitano lungo i canaloni, ma anche per quelle che scivolano su ampi pendii, determinando quindi un modellamento di canaloni in cui la neve si infila svuotandoli di quanto contenevano, e provocando un modellamento di versanti. E' un processo meccanico, brutale, come dicono J. Tricart e A. Cailleux, e spesso cronico, soprattutto quando la valanga è pesante, umida, di fondo, e procede, sia pure a non forte velocità (30 km/h), con masse sovente imponentissime, anche per la potenza del vento prodotto quando la valanga è polverosa, e, generalmente, dotata di velocità molto superiori (anche di 200-300 km/h).

Le valanghe, soprattutto quelle di fondo, nella parte superiore eliminano il manto nevoso, esponendo così il suolo-roccia ad un'intensa gelifrazione, determinando l'eliminazione di superfici detritiche delle più diverse origini (frane, detriti da autogelifrazione, depositi alluvionali o fluvio-glaciali che l'alto torrente non avrebbe potuto evacuare, ecc). In alcuni casi il solco è preparato dall'azione fluviale, ma quando esso ha inizio in alto, con un'incisura anziché con un bacino di raccolta discretamente ampio, si può accettare l'ipotesi che sia stato inciso direttamente *ex novo* dalla stessa valanga. Ve ne sono esempi tipici nella valle di Livigno, ma esempi anche più numerosi sono stati portati a nostra conoscenza da P. Veyret, il quale assicura che alcuni di questi canaloni d'estate non vengono neppure percorsi da torrenti, a dimostrare una volta di più la loro origine unicamente e direttamente dovuta alle valanghe, pur tuttavia, forse, in rapporto con disturbi tettonici strutturali (faglie, fratture, diaclasi). La valanga spazza, pulisce il canalone dai detriti e dai massi, e si serve di questi per erodere o, almeno, per striare anche qualche fondo roccioso duro e compatto, mettendo così a nudo, pure qui, la roccia viva, ed esponendola quindi alla facile gelifrazione.

Ai piedi del versante del canalone gli imponenti depositi delle valanghe, che superano spesso i 2000 m³, si stendono ampiamente, a ventaglio irregolare, come larghe e irregolari conoidi, ma talora anche in forma di strette lingue: è una congerie caotica, senza la

minima selezione, di alberi, blocchi angolosi, sassi, fanghiglia. Talora il deposito, quando è privo di neve, si presenta a placche disperse, qualche volta ad archi concentrici. Quando la congerie contiene molta neve, questo deposito determina lunghi periodi di umidità e uno sviluppo di vegetazione superiore al normale. Se ne ha un bell'esempio in una valle sopra Zone (Lago d'Iseo), chiamata « Vendul », che è appunto il termine bergamasco e bresciano per indicare la valanga. Non è poi improbabile che l'ammasso detritico si sia deposto su altro materiale precedente (che, tutto coperto, risulta forse meno importante ai fini geomorfologici), per quanto talvolta la violenza strisciante di caduta sia tale che il materiale che arriva si sottopone a quello già esistente in sito, scalzandolo come avrebbe fatto un *bulldozer*.

Sovente l'accumulo riesce a oltrepassare il fondovalle e a portarsi ai piedi del versante opposto, anzi, talora, risalendo e spesso determinando lo sbarramento del torrente maggiore, e quindi provocando la nascita di un lago, con tutte le conseguenze morfologiche e umane. A volte la valanga piomba in un lago già così formatosi, causando ondate con tragiche conseguenze, o riesce addirittura ad attraversare il lago stesso dividendolo, per più o meno tempo, in due. R. Vivian ricorda a questo riguardo il deposito di una valanga del vallone-ghiacciaio di Argentières, che aveva creato un lago di sbarramento il cui rapidissimo svuotamento può aver dato l'impressione di esser dovuto ad una causa climatica. E F. G. Agostini ricorda che una valanga nel Livignasco ha attraversato a metà l'attuale lago artificiale, risalendo di alcuni metri il versante opposto.

Si comprende, quindi, la necessità di uno studio approfondito di questi grandiosi con, sia con accuratissimi sopralluoghi, sia con l'esame cartografico a grande scala, sia, soprattutto, con la ricerca dei limiti raggiunti dalla valanga considerata nei tempi passati, per almeno 400-500 anni, cioè da quando il clima andò modificandosi (fine del XVI secolo), con più basse temperature e con maggiore nevosità; questo, in modo da poter stabilire i limiti di edificabilità sicura nelle zone oggi valangose. Il Veyret ricorda che, mentre nelle frane il materiale più grosso è in basso, nelle valanghe esso si ferma più in alto; e che il canalone viene

modellato quasi a U, nel senso che il fondo è piatto e i due versanti laterali sono generalmente molto ripidi.

In Italia abbiamo studi molto importanti sulle valanghe, effettuati da C. F. Capello e dai suoi allievi. A questi lavori, che costituiscono la base essenziale, sarebbe opportuno che altri se ne aggiungessero, a opera magari di *équipes*, lavori inerenti soprattutto alla morfologia derivata da valanghe, sia per quanto riguarda il percorso, sia per la zona di deposito. A questo riguardo è molto opportuno e interessante rilevare un lavoro che sta compiendo Cl. Lovie, Direttore del Centre de Recherches sur la Neige et les Avalanches, il quale ha annunciato in un breve articolo la metodologia che intende seguire, anche in relazione a consigli ricevuti da studiosi russi. Poche parole potranno servire come utile informazione:

- 1) studio delle condizioni meteorologiche locali che hanno favorito il disinnesto della valanga di fondo;
- 2) determinazione della capacità erosiva della valanga sul tipo di roccia; in tal modo sarà possibile esprimere un giudizio quantitativo sul modellamento dei versanti e dei canali da parte delle valanghe;
- 3) rappresentazione a colori dei blocchi di volumi diversi per l'esame qualitativo e quantitativo, in modo da poter calcolare non solo l'attività erosiva della valanga sul materiale sciolto, ma in più, se possibile con traccianti luminosi, sia pure costosi, l'orientazione di discesa, lo smussamento, l'appiattimento ecc. del materiale trasportato;
- 4) esame pedologico del suolo del cono detritico costruito dalla valanga, onde trovare l'orizzonte podsolico del terreno.

Si tratta, quindi, di uno studio e di una metodologia nettamente interdisciplinari.

Largamente ricordata da J. Tricart e A. Cailleux è, poi, la azione del connubio vento-neve, così come per le valanghe è il connubio gravità-neve. Il vento freddo e secco non solo modifica i cristalli di neve aggrediti, come accade nelle terre polari (Terra Adelia), riducendo le dimensioni degli aggregati cristallini fino a formare dei grani d'aspetto traslucido, del diametro di un decimo

di mm, ma smuove la neve determinando accumuli (dune, monticelli anche di 1-2 m), per incontro di ostacoli, o per diminuzione della velocità del vento, nelle depressioni e nei valloni sottovento, determinando delle vere trappole da nevi. Fermata da ostacoli, la neve si comprime diventando dura, a lenta fusione, quindi a più lungo periodo di nivazione (suolo umido, soliflusso, ecc.). Ma, se lo spessore è piccolo, il vento può dar movimento alle nevi secche insieme con i detriti minimi, fornendo così dei depositi « nivo-eolici ». In Olanda essi si presentano sotto forma di dolcissime ondulazioni, pianeggianti, simulanti esilissime dune intercalate da piccole depressioni (25-50 cm), allungate, dirette o a festoni, con una morfologia chiamata da C. H. Edelman (e riportata da J. Tricart e A. Cailleux) « microrilievo nivo-eolico ». Tali ondulazioni risultano formate di sabbie terrose più eterogenee di quelle che costituiscono le vere dune, quando è venuta meno la neve. Nello Spitsberg Occidentale non è difficile osservare terreni del genere, dove gelide nevi secche vengono dal vento trasportate e abbandonate a scarpata sul pendio di terrapieni costruiti per difendere le poche strade lungo le pianure costiere.

Forse appartengono a questa categoria i « sabbioni » o « dossi » della Lomellina, risalenti all'immediato Postglaciale, descritti da A. Boni, e oggi quasi completamente spianati. Presso Salisburgo vi sono delle lisciature su rocce, lisciature che per la loro posizione non possono essere attribuite se non all'azione nivo-eolica. Si può trovare qualche traccia di ciò anche in Italia.

3. Si consideri ora l'azione fisica della neve in riposo su piano.

a) I « lastricati di pietre » nell'alta montagna vengono spesso attribuiti alla pressione operata dal manto nevoso che obbliga i ciottoli a coricarsi. Alcuni studiosi negano quest'origine nivale, sia perché la pressione della neve normale è alquanto debole (in media cinque volte minore dell'acqua, dato che la densità media della neve è di 0,2), sia perché ritengono più ragionevole attribuire il fenomeno alla selezione nel trasporto del materiale fino operata dalle acque di fusione (non però quando la terra sottostante impregnata d'acqua fa pensare che non vi sia trasporto di fanghiglia).

Forse si tratta di ambedue le cause, o di altre ancora associate, perché, se il fenomeno dipendesse solo dal peso della neve, tutto il territorio detritico non in pendenza dovrebbe essere a lastricato, mentre ciò avviene solo per piccoli tratti, anche dove i ciottoli si presentano quasi isodiametrici.

b) Invece è importante l'azione fisica delle acque nivali derivate dalla fusione delle nevi, locali o no, e del vento (provocato dalla differenza di temperatura e di pressione vicino o lontano dal campo di neve).

In un'opera dal titolo molto espressivo *Le Périglaciaire par l'image*, pubblicata nel 1967 con notevole corredo bibliografico e fotografico da L.-E. Hamelin e F. A. Cook, dell'Università Laval, di Québec, nel terzo capitolo sulla nivazione così viene introdotto l'argomento, riassumendo parte della fenomenologia nivale: « Attorno ai cumuli di neve si esercita la demolizione periferica del suolo, mentre sotto la neve si producono dissoluzioni, evacuazioni fluviali e soliflussi ».

Quest'evoluzione conduce notoriamente alla formazione di « scodelle » e « tazze » di materiale trascinato fuori e in basso, e di deposito a scarpata.

« Il dosso del cumulo di neve funziona ancora da piano di slittamento (e talvolta anche di scorrimento idrico), come un ponte di neve; associata al ghiaccio, la neve indurita deve agire nella distribuzione degli archi delle colate di pietre. Accumulo ed evacuazione nivali, legati anche all'azione del vento, giuocano talora nel modellamento asimmetrico di valli; la neve e il vento, lavorando insieme, creano accumuli nevosi ».

Raramente il campo di neve poggia totalmente sul suolo pianeggiante; quasi sempre sotto la neve vi è un vuoto, aperto da due o più parti, vuoto il cui fondo viene percorso da acque provenienti dall'alto e che asportano sia l'eventuale detrito che riposa sotto il campo di neve e che si va formando per gelività o per altre cause, sia il detrito che per la gelività si va determinando ai margini del campo di neve, causato da ricongelamento di acque derivate da precedente fusione della neve.

Un minuzioso lavoro eseguito da A. Pissart, interessante per i risultati, sull'isola artica Principe Patrick mostra l'importanza

della nivazione come causa diretta di soliflusso sotto la placca di neve, oltre che nella formazione di piccoli circhi e di nicchie, come li hanno individuati F. Taillefer nel ben diverso ambiente della Montagne-Noire, J. Montoriol Pous, V. Masachs Alavedra, L.-E. Hamelin e M. Boyé nei Pirenei (sopra i 2100 m), M. Brochu nel Canada, H. Poser nell'Europa centrale, D. Kelletat in Scozia, J. Sekyra in Cecoslovacchia e numerosi altri, sia in Europa sia in altri continenti (A. E. Corte, L. Lliboutry nelle Ande).

E' quindi evidente la possibilità di tre fenomeni ben distinti: il « soliflusso » del detrito fine imbevuto di acqua, la formazione di « suoli a strisce parallele » su di un pendio che in alto sia coperto da un margine di neve da cui defluiscono decine e centinaia di fili di acqua, la formazione di conche, di depressioni, di nicchie sul piano. In tutti questi casi la neve ha una funzione indiretta, solo in quanto produttrice di acqua. E' molto probabile che abbiano questa origine quelle conche che in piano o in pendio si osservano spesso, in qualunque tipo di roccia, in zone di media e alta montagna che certamente non sono state occupate da ghiacciai, e la cui prima origine potrebbe essere una faglia, sia pure esile, magari solo una diaclasi o una frattura, del tipo di quelle che spesso si formano in alta montagna lungo le dorsali di cresta e che danno origine alle « doppie creste ». La piccola depressione, una volta occupata dalla neve, viene largamente lavorata dalle acque nivali, forse della stessa neve in scivolamento, per cui la depressione si allarga, il fondo si spiana in sezione trasversale e i versanti diventano dolci. Di esempi di conche su piano in zone che non possono essere state percorse da ghiacciai ci parlano A. Desio a proposito di aree gneissiche molto fagliate e diaclasate nella media Valtellina, S. Conti per l'Appennino Ligure, U. Losacco per l'Appennino Tosco-emiliano, A. G. Segre per l'Appennino Centrale. Potrei portare altri esempi derivati da doppie creste nel Livignasco, nei monti tra la Valtellina e l'alta Valcamonica, nel cristallino della Valsassina (vicino al Pizzo Tre Signori e al Cimone di Margno) e in molte altre località non calcaree, quindi non carsiche. Questo è proprio il tipo di nivazione di cui agli inizi del secolo parlavano F. E. Matthes e J. G. Andersson; ed è collegabile con il problema della formazione dei circhi. Ma

a questo proposito mi sia permesso esprimere al riguardo il mio pensiero, che poi non è solamente mio. Il circo è formato da due elementi: la « spianata », più o meno ripida, addirittura piana o concava, e le « pareti rocciose » che l'accompagnano, salvo allo sbocco, che quasi sempre è sospeso (tranne che nei bassi veri « circhi di valle »). La spianata deriva dall'allargamento di un piccolo precedente piano, punto di confluenza d'imbuto torrentizio, protetto dalle nevi e dal ghiacciaio che qui è venuto originandosi; le pareti sono l'effetto della disgregazione criergica dei versanti che prima scendevano non verticalmente sul punto ombelicale del precedente imbuto torrentizio. Francamente non credo che valanghe successive riescano a scavare il circo, quali che siano le sue forme al momento, le quali è più probabile che dipendano invece dalla reazione geolitologica al lavoro del gelo-disgelo.

Oltre alle depressioni e alle nicchie di cui si è detto, non è improbabile che la neve, sempre per mezzo della sua acqua di fusione, contribuisca alla formazione delle ciotole, delle scodelle, delle coppelle di cui si hanno esempi per gran parte delle rocce granulose, siano esse graniti, arenarie o conglomerati, e per i territori che oggi sono soggetti ai più diversi climi (alta montagna oltre 2500 m, colline oligo-mioceniche del pedemonte prealpino comasco, e anche Vosgi, secondo una recente pubblicazione di M. Mainguet).

c) Indirettamente, poi, la neve è causa di alcune « valli asimmetriche » la cui struttura geolitologica, per es., struttura a banchi orizzontali, non sarebbe favorevole a tale morfologia (come sarebbe invece una struttura monoclinale).

In questo caso si parta dai due versanti alquanto ripidi in una valle qualsiasi, di cui un versante è al sole e l'altro volto a nord; quello al sole sia privo di neve, quello volto a nord sia coperto di neve abbondante. E' ovvio che questo secondo versante verrà protetto, sia pure parzialmente, dalla copertura di neve, mentre quello al sole, scoperto, soggetto alle normali variazioni di temperatura, esaltate dal vento che si produce soprattutto dal pendio-versante nevoso a quello opposto, sarà in pieno disfaccimento, andando dalla parte alta, più esposta, alla parte bassa, a temperatura meno variabile, e presenterà, perciò, per demolizione prevalentemente criergica, un pendio sempre più dolce verso

l'alto. Qualcosa di molto simile si può attribuire ad alcune « doline asimmetriche » in cui l'asimmetria non è dovuta a struttura; in questo caso il detrito scompare facilmente, precipitato nell'inghiottitoio che, con grande probabilità, si deve trovare ai piedi della parete (coperta di neve).

Ho portato l'esempio di una valle orientata est-ovest, quindi un versante al sole e uno in ombra. Ma questo non è indispensabile, mentre è indispensabile che un versante sia privo di neve e l'altro ne sia ricoperto, non importa di quale provenienza sia la neve, magari sia quella portata dal vento. Però sembra che il primo caso debba essere il più comune (F. Taillefer).

In questi ultimi anni U. Sauro, secondo mie indicazioni, ha potuto seguire nei Lessini durante alcuni inverni le variazioni in superficie del manto nevoso iniziale integrale fino al periodo in cui la neve è tutta frazionata in lenzuoli, in piccole tacche, e fino alla scomparsa totale delle nevi, e ha potuto quindi mettere in rapporto la presenza della neve con la morfologia degli alti Lessini, dove le cime si aggirano sui 1600-1800 m, e dove la morfologia è generalmente blanda e alquanto uniforme; si hanno quindi altitudini e morfologia ben diverse da quanto si verifica nella fascia prealpina ad occidente dell'Adige.

Il Sauro aveva notato che le ultime macchie di neve non si trovavano sui versanti esposti a nord, bensì orlavano le sommità dei versanti esposti a sud; e ciò in rapporto anche al notevole apporto nevoso invernale da parte dei prevalenti venti settentrionali che, accumulando le nevi sulle pareti alte dei versanti opposti, determinano cornici strapiombanti, alte anche 2-4 m. Tutto ciò deve aver favorito una chiara asimmetria di numerose vallette di primo ordine, sulle quali il versante più ripido non è quello esposto a nord, ma quello esposto a sud, che il Sauro chiama « versante nicchia », quasi in contrasto con le normali valli dissimetriche nelle quali il versante più ripido è quello esposto a nord.

Ho visto recentemente nei Lessini medi dei grossi blocchi formati di due qualità di rocce regolarmente sovrapposte e in strati orizzontali: alla base, un'argillite calcarea con ciottoli di selce, al cappello, pianeggiante, il solito rosso ammonitico. La base è naturalmente incavata dal basso in alto, cioè a volta, per la normale degradazione, tanto da formare dei « funghi » di roccia;

ma, oltre a ciò, si osservano delle incavature orizzontali, a cerchi successivi, nelle pareti. Ora, in corrispondenza di queste nicchie-circhi dalle fessure in alto sgorgano stillicidi di acqua derivata dalla fusione della neve che copre il cappello. Che anche l'acqua piovana possa, penetrata nella roccia, compiere egual funzione è evidente, ma sembra pure evidente che il contributo nivale non possa essere trascurabile perché la copertura nevosa a 1400-1500 m dura almeno da 3 a 4 mesi.

Un altro fenomeno derivato dalla copertura di neve, e quindi indirettamente dovuto alla neve, e propriamente alla neve in pendio, è quello delle nivomorene (morene da nevato). Se si tratta di neve non gelata, è ovvio che solo i blocchi piccoli, di massa minore, riescono a raggiungere nello scivolamento il margine inferiore del campo di neve; quindi si tratta di archi pseudomorenici costituiti, in generale, di massi piccoli. Ma quando la neve è gelata, anche massi di notevoli dimensioni riescono a scivolare sulla lastra ghiacciata e raggiungere così il limite inferiore. Casi numerosi di ciò si hanno sulle Alpi e su altre montagne innevabili. Mi è però occorso di vedere nello Spitsberg un'estesa spiaggia marina su cui poggiavano dei massi imponenti di roccia precipitati da una parete la base della quale distava almeno 300 m dal masso: non solo, ma, tra la base delle pareti e il masso, il terreno del pianoro era segnato da 2-3 buche allineate in armonia con la posizione del masso. Il masso era costituito della stessa roccia della parete, per cui è probabile che sia precipitato da essa quando la scarpata della parete era coperta di neve ghiacciata e il suolo del pianoro era alquanto indurito dal gelo, il che lo rendeva elastico, tanto da far compiere al masso 2-3 salti prima di fermarsi.

Anche le « colate di pietre », o pietraie semoventi, di cui vi sono mirabili esempi sulle nostre Alpi, descritti da C. F. Capello, da F. Donà e dal compianto R. Albertini, debbono il loro movimento di discesa, e quindi il normale spostamento del materiale, non solo alla gravità, e forse a ghiaccio morto, ma anche all'effetto lubrificante delle nevi interposte e delle acque nivali derivate.

Per quanto sembri molto probabile che la maggior parte delle colate di pietre debbano essenzialmente la loro origine a ghiacciai

oggi scomparsi, non è improbabile che l'attuale movimento sia dovuto, oltre che a presenza di ghiaccio fossile, anche a ghiaccio derivato dal rigelo delle acque di fusione nivale, e alla stessa acqua di fusione nivale. Si vedano in proposito i lavori di L. Lliboutry e, soprattutto, lo studio di N. Gerhold, che tratta questo problema per i ghiacciai degli Alti Tauri. G. Seret ci parla di un notevole « deposito fluvio-nivale », che, dalla posizione, egli chiama « proglaciale » (derivato dalle vicine nevi, ricche di materiali locali, durante il massimo della recente espansione glaciale), intagliato da un solco scavato all'inizio del recente regresso glaciale e colmato parzialmente dal materiale fluvio-glaciale, a sua volta poi eroso durante un ulteriore ancor più recente regresso glaciale tanto da far derivare, da questo deposito, un altro terrazzo, sottostante a quello di deposito nivale (periglaciale). Sarebbe molto interessante vedere se anche da noi esistono pianori fluvio-nivali tagliati a terrazzi dalle acque glaciali, oppure, come il Seret ha avvertito in altre località, se il piano fluvio-nivale è coperto dal deposito fluvio-glaciale immediatamente successivo. R. Vivian, poi, a proposito dei rapporti tra scorrimento fluviale e nevi nei margini proglaciali, ha provato che la neve con il suo forte potere assorbente, dove è in piano e dove l'acqua è lenta, determina, d'inverno, dapprima una diminuzione del deflusso torrentizio a valle, e quindi, con i primi calori, un aumento molto sensibile del deflusso, come avverrebbe in terreni permeabili. La fusione integrale della stessa neve, poi, in primavera determina uno scorrimento molto disperso; per cui l'acqua impregna tutto il materiale detritico del margine proglaciale, che diviene molto presto saturato, causando così spesso delle « colate di fango »: invece, i torrenti che scendono dai nevai dei circhi laterali si perdono nelle basse morene della valle principale, esercitando un'azione meccanica scalzante alla loro base. Sono fenomeni d'una certa importanza, anche se non direttamente collegati con la neve, ma fenomeni che, senza le nevi, o non si produrrebbero o avverrebbero in modo ben diverso, perché, nel primo caso, mancherebbe il materasso di materiale assorbente, mentre, nel secondo caso, sarebbe molto inferiore l'efflusso idrico.

Un altro fenomeno molto diffuso è causato indirettamente dalla neve, e più precisamente dalle acque di fusione nivale, oltre che dalla gelivazione e dalla gravità.

Alle falde di molte montagne ripide, il cui alto ciglio costituisca il margine di un pianoro, si osservano delle fasce di detrito di falda, ben stratificato, a non forte pendenza.

Le caratteristiche di questi depositi sono: detriti da frantumazione geliva, a spigoli vivi e non molto grossolani, strati generalmente obliqui, presenza di terriccio tra l'uno e l'altro strato. Quindi, testimonianza di periodicità di fenomeno. Numerosi sono gli studi francesi su queste scarpate detritiche stratificate, chiamate *éboulis ordonnées* o *éboulis stratifiées* e, in qualche caso, *grèzes lités*, realizzati soprattutto ad opera di A. Cailleux e, ancor più analiticamente, da Y. Guillien. Si tratta di una delle poche forme cui si addice molto propriamente il termine di crionivale, in quanto l'alternanza di letti grossolani, più o meno cementati, e di letti fini, sta a indicare l'alternanza della frammentazione delle rocce per effetto sia del gelo derivato dalle acque di fusione della neve sia della discesa sul pendio nevoso (i frammenti più piccoli scendono più in basso, mentre i più grossolani tendono ad essere impigliati e bloccati dalla neve, se questa non è gelata) e della successiva discesa di detrito fangoso, come fine del periodo gelivo (si potrebbe fare un parallelo con le « varve » dei depositi lacustri-glaciali). L'espressione italiana potrebbe essere: « scarpata detritica a strati da nivazione periodica ». Ne ha parlato G. B. Castiglioni in un recentissimo congresso ad Asiago. E io vorrei aggiungere, a quanto egli ha ricordato, l'esempio di quell'imponente deposito detritico stratificato che occupa gran parte delle pendici del Monte Clemo, tra il Lago d'Iseo e la bassa Val Borlezza, deposito che avrebbe determinato, agli inizi dell'interglaciale Riss-Würm, lo sbarramento del torrente Borlezza, e quindi il Lago di Pianico (successivamente colmato da depositi lacustri fossiliferi e da morenico würmiano), e che, per la struttura, si potrebbe ritenere un susseguirsi di frane o di semplici detriti da nivazione alternati da periodi calmi.

Notevolissimo interesse ha suscitato in questi ultimi anni, per merito soprattutto del compianto J. Corbel e per i lavori teorici e pratici di C. Rathjens e di A. Bögli, oltre che per le accurate analisi di C. Ek e A. Pissart, della scuola di Liegi, lo studio dei rapporti tra carsismo e nivazione, tanto da far dire al Rathjens (tuttavia, penso, forse con un po' di esagerazione) che i campi

carsici solcati hanno una pura origine morfoclimatica. Anche qui, però, la morfologia non è dovuta tanto alla neve, che anche in questo caso è molto probabile abbia, almeno nel periodo invernale di forte copertura nevosa, una funzione protettrice nella difesa periodica delle rocce carsificabili dall'azione del gelo discontinuo, quanto all'abbondanza di CO_2 assorbita dalla neve durante la caduta e conservata nella neve in rapporto anche alla bassa temperatura e poi ceduta alle acque di fusione. La neve, mentre con la sua copertura durante l'inverno protegge le rocce calcaree dalla distruzione per gelo, in primavera e in estate con la fusione aiuta la soluzione del calcare mediante la formazione del bicarbonato. Naturalmente si parla non di carsismo ipogeo, ma, almeno in forte prevalenza, di carsismo epigeo, cioè, soprattutto, di campi solcati, di doline: i primi in prevalenza, se ci fermiamo alle nostre montagne, nella zona dei pascoli e delle praterie temperate, le seconde, dove l'umidità è maggiore, soprattutto nei terreni acidi umici boschivi.

Anche qui sarà molto opportuno distinguere, fin dove è possibile, gli effetti climatici dei periodi glaciali da quelli dei periodi interglaciali, almeno per il Quaternario.

E' innegabile che quando si dice, come dicono quasi tutti gli autori, che i campi carsici solcati si sviluppano soprattutto in climi temperato-umidi di montagna, ciò potrebbe significare che, se noi li troviamo anche lungo le coste dei nostri mari (Sardegna) e a non più di 100-200 m s.m., forse si tratta di fenomeni che risalgono ad un periodo precedente al nostro, di clima diverso dall'attuale, e forse anche all'ultima glaciazione. Non credo, però, che si debba esagerare fino a questo punto e soprattutto che si debba escludere l'azione dell'acqua di pioggia, o di altre acque, o di organismi, per accettare solamente quella dell'acqua di fusione nivale.

In molti casi sui massi solcati, oltre ad un sia pur complicato carsismo, si nota che la superficie inclinata di lembi dalla forma di leggera conca è interessata da numerosissime piccole scannelature, le cui creste raggiungono la stessa altezza, come i denti di un pettine. Molte sono le ipotesi che si possono formulare; questa dentellatura i cui denti arrivano alla stessa altezza non può rappresentare una ripresa di carsismo dopo un periodo di

relativa tranquillità, su una morfologia carsica matura preesistente? Potrebbe trattarsi di un carsismo recente o recentissimo, derivato da innevamento a tacche dopo un periodo di maggiore nevosità, con innevamento più generale, che aveva protetto una morfologia carsica più matura, di media nevosità di lunga durata. L'analisi potrebbe essere seguita per una stagione, o più, prendendo in esame i denti di uno o più pettini.

J. E. Williams, in un suo lavoro sulla Catena delle Cascate, dice che a circa 1500 m ha trovato che la CO_2 nella neve è in quantità molto maggiore che nell'aria libera, tanto da sembrare lì concentrata; le acque di fusione della superficie della neve o di pioggia si saturano facilmente di CO_2 filtrando attraverso la neve in cui penetrano. La neve umida potrebbe portare in soluzione CO_2 fino a 20 volte più dell'acqua normale.

Sotto il cumulo di neve si può quindi produrre, oltre che un'azione di disgregamento fisico, un'intensa alterazione chimica, nonostante la debole circolazione dell'acqua nel probabile gelisol, e questo anche in alcuni silicati. Ma nel calcare si può produrre, oltre che un rilievo molto irregolare (coppelle, fori, ecc.), anche un rilievo coperto da concrezioni travertinose quando viene rapidamente meno la presenza di CO_2 in eccesso.

In una breve, ma consistente nota, frutto di numerose prime osservazioni nelle vicinanze di ghiacciai delle Alpi francesi, C. Ek conclude che i più elevati valori di pH (8 e più) si osservano all'altezza delle fronti glaciali e che a monte, verso il nevato, come a valle, la basicità dell'acqua diminuisce. Scarsa è l'aggressività delle acque di fusione dei ghiacciai studiati, un po' maggiore quella delle nevi, sia in basso sia sul nevato; a distanza di qualche chilometro dalla fronte, scarso è il tenore in calcare, nonostante che le acque siano passate su roccia calcarea, e forte è il pH.

Però quanto all'azione del gelo, cioè delle basse temperature che dovrebbero tenere ben vincolata la CO_2 , si hanno esperienze di C. Ek e A. Pissart che ci conducono alle seguenti conclusioni, già intraviste da A. Cailleux:

- a) il congelamento di acque nivali leggermente calcarifere ha determinato un notevole arricchimento di bicarbonato nelle acque residue. Questo stesso bicarbonato, poi, elevando la tem-

peratura, precipita come carbonato, e, più precisamente, sotto forma di microscopici cristalli di calcite isolati, oppure di aggregati di cristalli ancor più piccoli (1 micron), oppure di masse fibrose o fibroso-raggiate, concreescenti da cristalli isolati;

- b) l'anidride carbonica liberata dalla precipitazione del carbonato di calcio si presenta sotto forma gassosa; essa rimane tuttavia imprigionata sotto forma d'incluso nel ghiaccio, se la superficie è costituita da un velo di ghiaccio che ne impedisce la fuga.

Per quanto riguarda l'*humus* sono ormai famose le osservazioni triennali di A. Bögli sul tenore di CO_2 nell'acqua da neve ad altitudini tra 750 e 1900 m:

media 1,7 mg/l di CO_2 se su roccia nuda; 2,6 mg/l se l'acqua ha attraversato l'*humus*.

Per l'acqua piovana su roccia nuda si hanno invece queste medie:

2 mg/l all'inizio; 1,7 mg/l dopo un certo tempo; 2,7 mg/l dopo che l'acqua è stata filtrata attraverso l'*humus*.

Ciò significa, per quanto riguarda ciò che stiamo considerando, che bassa temperatura, *humus*, acque nivali, soprattutto se associati, sono più carsificanti delle acque normali. Si può concludere che nell'elaborazione di campi carsici solcati ha notevole importanza anche l'acqua delle nevi, e che le nevi successive, coprendoli, hanno poi importanza nella conservazione degli stessi, proteggendoli dall'azione del gelo-disgelo. Penso che anche le vaschette da corrosione carsica (*kamenica* degli slavi) siano dovute, almeno inizialmente (ma non solo), e parzialmente, all'azione delle acque nivali (S. Belloni e G. Orombelli).

A. De Fanti ha rilevato come nella corrosione di alveoli nei calcari del Monte Civetta abbiano importanza batteri, cloroficee e crococcacee; del resto, è nota l'importanza che molte alghe hanno nell'azione chimica.

Già si è detto dell'importanza della neve nella formazione delle doline asimmetriche, ed è notissima l'importanza della neve nella formazione dei gruppi di solchi carsici paralleli e verticali su pareti calcaree.

Non perennità, bensì periodicità, proprietà coibente del calore, proprietà assorbente dell'aria e dell'acqua, variazioni di superficie da un giorno all'altro, rapida frantumazione primaverile di estesissimi campi nevosi invernali, in piccoli lenzuoli di neve separati da ondulazioni rocciose nude o verdi di erbe, quindi moltiplicazione della fenomenologia nivale e dei rapporti con altre geomorfologie, sono le caratteristiche della neve.

Il termine « nivazione » venne introdotto nel 1900 da F. E. Matthes per indicare, oggi diremmo erroneamente, la causa della formazione dei suoli poligonali o, meglio, il complesso delle forme del suolo derivate da basse temperature accompagnate da neve o da ghiaccio, non però da ghiacciai.

Per quanto semplici considerazioni successive fossero giunte alla conclusione che ben diverse sono le conseguenze morfologiche della neve e quelle del ghiaccio (non di ghiacciaio), tuttavia si ebbe la creazione del nuovo termine « periglaciale » come sinonimo di « nivale », quindi con un doppio errore: di ripetere l'inesattezza insita nel termine « nivazione », mettendo ancora insieme due gruppi di fenomenologie ben diverse sia come causa (neve e ghiaccio) sia come effetto e, soprattutto, di introdurre un termine essenzialmente topografico per indicare fenomeni essenzialmente fisici. Ed è per quest'ultimo motivo che venne successivamente creato, in alternativa, il termine « crionivale », purtroppo sempre tenendo insieme due gruppi di fenomeni ben diversi. Era sembrato che il termine « paraglaciale » fosse preferibile a « periglaciale », pur considerando sempre insieme i due gruppi. Il Capello aveva proposto di parlare di fenomeni derivati da « gelo discontinuo ». Mi pare che questa dizione sia più accettabile delle altre, purché venga attribuita unicamente alla fenomenologia dominata dal gelo-disgelo, mentre penso sia opportuno conservare il termine « nivazione » alla fenomenologia derivata direttamente o indirettamente dalla neve, anche se è necessario riconoscere che l'azione del gelo, almeno in alta montagna, deriva quasi sempre dall'acqua liquida, a sua volta derivata anche dal disgelo della neve precedente. E questo dico per scusare, se mi è lecito, chi ancor oggi ritiene sinonimi i termini nivale, periglaciale e crionivale.

Quanto alla datazione di questi fenomeni, il problema diventa

più difficile perché la fascia altimetrica di nivazione, per parlare soprattutto di questo fenomeno, varia con il variare del limite delle nevi persistenti, e non solo sono scarsi gli studi su queste variazioni per il Quaternario, ma scarsi e di risultati ancora incerti sono quelli riguardanti anche l'ultimo Postglaciale. J. Tricart e A. Cailleux avrebbero fissato il limite inferiore delle aree ad intensa gelivazione in Italia, versante orientale, a 200-300 m s. m., cioè a circa 1200 m sotto il limite delle nevi persistenti della glaciazione massima, la Mindel (limite delle nevi persistenti a 1400-1500 m., in una regione dove oggi tale limite è a 2800 m).

Ma è un solo valore, anche se accettabile. Per analogia si potrebbe fissare tale limite oggi (limite delle nevi persistenti attuale, 2800 m) non a 2200-2400, ma a 1600, valore che mi sembra un po' basso, mentre appare troppo alto quello di altri, per cui 1800 m mi sembra un valore medio valido in generale per tutte le Alpi, che corrisponderebbe ai 1200 m sotto il limite medio alpino delle nevi persistenti.

Studi recenti indagano anche sul limite inferiore dei fenomeni crionivali, ma spesso si tratta o di fenomenologia generale che comprende tutto quanto dice il termine crionivale, oppure si tratta di limiti di alcuni fenomeni più propriamente da gelo. Per es., nell'interessante lavoro di D. Kelletat sul crionivale nell'Appennino Centrale e nelle Alpi Apuane, di cui venne stampato, ad opera dell'A., anche un notevole riassunto italiano in una rivista italiana, si hanno i limiti inferiori dei terreni erbosi in soliflusso (2200 m nella Maiella, 2000 m nel Monte Greco), dei suoli poligonali (2250 m nella Maiella e 2000 m nel Monte Greco) e dei suoli a festoni (rispettivamente 1800 e 1700 m), mentre H. Stingl ci dà il limite inferiore del soliflusso nelle Dolomiti e in Carnia rispettivamente a 2450 m in Fanes e a 2300-2400 m nelle Pale di San Martino (limite delle nevi persistenti rispettivamente a 2850 m e 2750-2800 m). In un lavoro di G. Furrer e G. Dorigo troviamo, ad es., il valore di 2200 m come limite inferiore del soliflusso, il cui fenomeno avviene non solo a causa del gelo-disgelo, ma anche della neve in fusione; quindi, penso che si dovrebbe sempre parlare in questo caso di soliflusso da disgelo. Ad ogni modo, sono tutti valori che si riferiscono alle regioni elevate in cui l'azione del gelo si interpone notevolmente e cronologicamente,

o si mescola, ma in grado minore, a quella della neve, la quale, come si disse, tarda talmente o, in molte regioni ad elevate latitudini, è di spessore così debole che si manifesta maggiormente l'azione criergica del gelo. Francamente noi sulle Prealpi possiamo notare buoni fenomeni di soliflusso, a festoni o no, anche a 1400-1300 m (Prealpi Comasche, Lessini, ecc.). I recenti lavori di H. Berger, di Y. Guillien e di J.-P. Lautridou ci forniscono dati d'indole più generale: ci parlano, ad es., per le Alpi, d'una fascia crionivale attuale divisa in due parti dalla isolpsa di 2400 m. Io penso che questa linea, di altezza variabilissima, secondo i diversi angoli delle stesse Alpi e secondo le annate, divida idealmente due campi alquanto diversi: dal limite delle nevi persistenti ai supposti 2400 m, forte prevalenza di crioclastia (gelifrazione); al di sotto, invece, prevalenza di nivazione, considerando la neve sia come un fattore di protezione, sia come un fattore di diretta o indiretta azione modificatrice delle forme del suolo. Tracciare il limite inferiore sarebbe un'impresa dai risultati molto discutibili, perché bisognerebbe anzitutto stabilire il minimo di forme e di dimensioni valevoli come misura dell'attività di nivazione, o, indirettamente, il minimo di tempo o di data di persistenza della neve al suolo.

BIBLIOGRAFIA

- AGOSTINI F. G., *Considerazioni sulle valanghe nel territorio di Livigno (Lombardia)*, in « Atti Soc. Ital. di Sc. Nat. e Museo Civico di St. Nat. di Milano », Milano, 1969, pp. 261-266.
- ANDERSSON J. G., *Solifluction, a component of subaerial denudation*, in « Journ. of Geol. », Chicago, 1906, pp. 91-112.
- BELLONI S. e OROMBELLI G., *Osservazioni e misure su alcuni tipi morfologici nei campi solcati dal Carso triestino*, in « Atti Soc. Ital. di Sc. Nat. e Museo Civico di St. Nat. di Milano », Milano, 1970, pp. 317-372.
- BERGER H., *Vorgänge und Formen der Nivation in den Alpen. Ein Beitrag zur geographischen Schneeforschung*, Klagenfurt, Gesch. Verein für Karnten, II ediz., 1967, pp. 89.
- BÖGLI A., *Probleme der Karrenbildung*, in « Geogr. Helvetica », Berna, 1951, pp. 191-204.
- BONI A., *I dossi della Lomellina e del Pavese*, in « Atti Ist. Geol. dell'Univ. di Pavia », Pavia, 1947, pp. 1-43.
- BOYÉ M., *Néves et érosion glaciaire*, in « Rev. de Géomorphol. Dynam. », Parigi, 1952, pp. 20-36.
- BOYÉ M., *Gélivation et cryoturbation dans le massif du Mont Perdu (Pyrénées Centrales)*, in « Pirineos », Saragozza, 1952, pp. 5-29.

- BRÜCKNER E., *I. Bowman über Schneerosion und Entstehung der Kare*, in « Zeitschr. für Gletscherkunde », Berlino, 1921, pp. 57-70.
- CAILLEUX A. e TAYLOR G., *Cryopédologie. Étude des sols gelés*, Parigi, Hermann, 1954, pp. 220.
- CAPELLO C. F., *Terminologia e sistematica dei fenomeni dovuti al gelo discontinuo*, Torino, 1960, pp. 320 (« Mem. e Studi Geogr. », VI).
- CAPELLO C. F., *Le morfologie crionivali (periglaciali) nelle Alpi Graie meridionali italiane*, Torino, 1963, pp. 126 (Pubbl. Ist. di Geogr. Alp., 3).
- CAPELLO C. F., *Le morfologie tardo-glaciali e crionivali della Val Maira (Piemonte)*, Torino, 1969, pp. 79 (Pubbl. Ist. di Geogr. Alp., 13).
- CONTI S., *La nivazione e la morfologia periglaciale nell'Appennino Ligure Occidentale (Gruppo di Voltri)*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1940, pp. 69-94.
- CORBEL J., *Les « lupiés » dans le Nord-Ouest de l'Europe*, in « Rev. de Géomorphol. Dynam. », Parigi, 1951, pp. 66-74.
- CORTE A. E., *Contribución a la morfología periglacial de la Alta Cordillera, con especial mención del aspecto criopedológico*, « An. Dep. de Investigaciones Científicas », Mendoza, I, n. 2, 1953, pp. 54.
- DE FANTI A., *Forme di corrosione dovute a microrganismi osservate nel gruppo del Civetta (Alpi Dolomitiche)*, in « Boll. Soc. Geogr. Ital. », Roma, 1971, pp. 605-618.
- DESIO A., *Sull'origine delle sorgenti « Le Gande » in valle di Rezzalo (Valtellina) e sulla presenza di forme di tipo carsico negli gneiss*, in « Rend. Ist. Lombardo di Sc. e Lett., Cl. di Sc. Mat. e Nat. », Milano, 1944, pp. 15-20.
- EK C., *Notes sur les eaux de fonte des glaciers de la Haute Maurienne: leur action sur les carbonates*, in « Rev. Belge de Géogr. », Liegi, 1964, pp. 127-156.
- EK C. e PISSART A., *Dépôt de Carbonate de calcium par gélution et teneur en Bicarbonate des eaux résiduelles*, in « C. R. Acad. des Sciences », Liegi, 1965, pp. 929-932.
- FURRER G. e DORIGO G., *Abgrenzung und Gliederung der Hochgebirgstufe der Alpen mit Hilfe Solifluctionformen*, in « Erdkunde », Bonn, 1972, pp. 98-107.
- GALIBERT G., *Le relief de la haute montagne dans les massifs de Luchon et des Monts Maudits*, in « Rev. de Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest », Tolosa, 1956, pp. 41-73.
- GARLEFF K., *Verbreitung und Vergesellschaftung rezenter Periglazialscheinungen in Skandinavien*, Gottinga, 1970 (« Göttinger Geogr. Abhandl. », 51, pp. 7-66).
- GENTILESCHI M. L., *Forme crionivali sul Gran Sasso d'Italia*, in « Boll. Soc. Geogr. Ital. », Roma, 1967, pp. 34-61.
- GENTILESCHI M. L., *Forme crionivali sulla Maiella*, ibid., pp. 325-350.
- GERHOLD N., *Zur Glazialgeologie der westlichen Ötztaler Alpen unter*

- besondere Berücksichtigung des Blockgletscherproblems*, in « Veröff. Museum Ferdinandeum », Innsbruck, 1967, pp. 1-52.
- GUILLIEN Y., *Les grèzes lités de Charente*, in « Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest », Tolosa, 1951, pp. 152-162.
- HAMELIN L.-E., *Matériaux de géomorphologie périglaciaire dans l'Espagne du Nord*, ibid., 1958, pp. 241-256.
- HAMELIN L.-E. e COOK F. A., *Le Périglaciaire par l'image. Illustrated Glossary of Periglacial Phenomena*, Québec, Presses de l'Univ. Laval, 1967, pp. XII, 240.
- KELLETAT D., *Verbreitung und Vergesellschaftung rezenter periglazialerscheinungen im Apennin*, Gottinga, 1969, pp. 114 (« Göttinger Geogr. Abhandl. », 48).
- KELLETAT D., *Distribuzione e raggruppamento dei recenti fenomeni periglaciali negli Appennini*, in « Natura », Milano, 1970, pp. 235-239.
- KELLETAT D., *Rezente Periglazialerscheinungen im Schottischen Hochland: Untersuchungen zu ihrer Verbreitung und Vergesellschaftung*, Gottinga, 1970 (« Göttinger Geogr. Abhandl. », 51, pp. 67-140).
- KELLETAT D., *Zum Problem der Verbreitung des Alters und des Bildungsdauer alter, « inaktiven » Periglazialerscheinungen in Schottischen Hochland*, in « Zeitschr. für Geomorphol. », Berlino, 1970, pp. 510-519.
- LLIBOUTRY L., *Traité de glaciologie*, 2 voll., Parigi, Masson, 1964-65, pp. 1040.
- LOSACCO U., *Fenomeni pseudocarsici nell'Appennino Settentrionale*, in « L'Universo », Firenze, 1942, pp. 325-343.
- MAINGUET M., *Le modelé des grès*, Parigi, Inst. Géogr. National, 1972, 2 voll., pp. 657 (più un fasc. contenente 4 carte).
- MARTÍNEZ J. A., *Nociones generales sobre « Periglacialismo »*, in « Speleon », Oviedo, 1958, n. 3-4, pp. 105-127.
- MATTHES F. E., *Glacial sculpture of the Bighorn Mountains*, Washington, U.S. Geol. Survey, 1899-1900.
- MONTORIOL POU S. J. e MASACHS ALAVEDRA V., *Las formas periglaciales del Port de la Bonaigua y del Els Ercoles (Pirineo de Lérida)*, in « Speleon. », Oviedo, 1964, n. 3-4, pp. 23-39.
- NANGERONI G., *Conche pseudocarsiche e pseudogluciali*, in « Natura », Milano, 1952, pp. 45-49.
- NANGERONI G., *Neve, acqua, ghiaccio. Fenomeni crionivali delle regioni periglaciali nelle Alpi Italiane*, Como, Tip. Nosedà, 1954, pp. 43.
- NANGERONI G., *I fenomeni periglaciali in Italia*, in « Atti Acc. Roveretana degli Agiati », Rovereto, serie IV, vol. I, fasc. B, 1959, pp. 43-64 (con bibliografia delle opere italiane sull'argomento).
- NICOD J., *Dynamique des dépressions fermées*, in « Actes Colloque Intern. de Karstologie et Spéléologie - Languedoc, Quercy, Rouergue, Périgord », Caen, 1971, pp. 117-120.
- PÉGUY Ch.-P., *La neige*, Parigi, Presses Universitaires de France, 1952, pp. 120 (Coll. « Que sais-je? », 538).

- PISSART A., *Étude de quelques pentes de l'île Prince Patrick*, in « Ann. Soc. Géol. de Belgique », Liegi, 1966, n. 9, pp. 189-402.
- POSER H., *Studien über die Periglazialerscheinungen in Mitteleuropa*: I, *Studien aus den Mittelgebirgen*; II, *Studien aus dem Alpenvorland und die Alpen*, Gottinga, 1953, pp. 128; 1954, pp. 180 (« Göttinger Geogr. Abhandl. », 14 e 15).
- RATHJENS C., *Der Hochkarsts in System der klimatischen Morphologie*, in « Erdkunde », Bonn, 1951, pp. 310-315.
- SAURO U., *Il paesaggio degli alti Lessini. Studio geomorfologico*, Verona, Museo Civico di St. Nat., 1973, pp. 161 (con allegata carta geomorfologica).
- SEGRE A. G., *Suoli e strutture da nivazione nell'Appennino Centrale*, in « L'Universo », Firenze, 1947, pp. 805-814.
- SERET G., *Le rôle morphologique de la fonte des neiges et de la fusion glaciaire dans le domaine périglaciaire*, in « Ann. Soc. Géol. de Belgique », Liegi, 1964-65, pp. 119-124.
- STINGL H., *Ein periglazialmorphologisches Nord-Süd-Profil durch die Ostalpen*, Gottinga, 1969, pp. 115 (« Göttinger Geogr. Abhandl. », 49).
- Studi sui fenomeni crionivali (periglaciali partim) nelle Alpi Italiane*, Milano, 1955, pp. 149 (Pubbl. Fondaz. per i Problemi montani dell'Arco Alpino, 11).
- Oltre all'introduzione di G. Nangeroni, in questo volume sono compresi i seguenti studi: R. ALBERTINI, *Contributo alla conoscenza della morfologia crionivale del Gruppo Ortles-Cevedale*; C. F. CAPELLO, C. ORIGLIA e R. AMEDEO, *Relazione preliminare sulle osservazioni eseguite nell'estate 1953 sui fenomeni crionivali in Piemonte*; C. F. CAPELLO, *Relazioni preliminari sulle osservazioni compiute nell'estate 1954 sui fenomeni « crionivali » in Piemonte*; F. DONA', *Osservazioni sulla morfologia periglaciaire della Valle Aurina*; V. GIACOMINI, *I suoli a « cuscineti » e a « gradinata » come aspetti particolari della degradazione dei pascoli in Valtellina e in Val Chiavenna*; A. GIORCELLI e A. PIETRACAPRINA, *Suoli poligonali, suoli a « gradinata » e altri fenomeni crionivali nella Valle del Braulio (Bormio)*.
- TAILLEFER F., *La dissymétrie des vallées gasconnes*, in « Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest », Tolosa, 1944, pp. 153-181.
- TAILLEFER F., *Le modelé périglaciaire dans le Sud du bassin d'Aquitaine*, ibid., 1951, pp. 113-123.
- TAILLEFER F., *Le modelé post-würmien des hautes montagnes françaises*, ibid., 1964, pp. 129-138.
- TRICART J. e CAILLEUX A., *Traité de géomorphologie*, t. III, *Le modelé glaciaire et nivul*, Parigi, S.E.D.E.S., 1967, pp. 508.
- VEYRET P., *L'eau, la neige, la glace et le gel et la structure dans l'évolution morphologique de la région de Chamonix*, in « Rev. de Géogr. Alp. », Grenoble, 1959, pp. 1-36.
- VIVIAN R., *Morphologie des marges pro-glaciaires: sur quelques aspects de l'écoulement des eaux et de ses effets morphologiques dans les marges pro-glaciaires alpines*, ibid., 1967, pp. 267-290.

DISCUSSIONE SULLE RELAZIONI DI C. F. CAPELLO
E DI G. NANGERONI

Dott. F. G. AGOSTINI: «Dopo due relazioni tanto succose e dense, tenute da uomini che hanno trascorso la vita nello studio, quali il Prof. Capello e il mio Maestro Prof. Nangeroni, direi che è molto difficile e molto imbarazzante intervenire, soprattutto perché le due relazioni vengono a cementarsi fra loro. Ma lo faccio per un certo senso del dovere, come rappresentante del Comitato Scientifico Centrale del Club Alpino Italiano, di cui il Prof. Nangeroni è Presidente.

Riguardo a quanto ha detto il Prof. Capello, voglio far notare che l'Italia ha la rete di rilevamento più fitta d'Europa, e forse del mondo. In base a quanto ho appreso da colleghi di altri Stati, le 125 stazioni di rilevamento valanghe del Club Alpino e le altre 50, circa, dell'Esercito costituiscono veramente una rete notevole. E' però vero che esiste qualche difficoltà nella rilevazione dei dati, come già feci presente al Prof. Pinna in occasione di una sua richiesta.

Circa il termine "valangosità" adoperato dal Prof. Capello, penso che sia giusto usarlo come egli ha fatto. Quando, però, il Prof. Capello parla dell'assestamento della neve in base ai processi di metamorfosi, distruttiva e costruttiva in un secondo tempo, io non parlerei di un vero assestamento; a volte non è proprio un assestamento, poiché l'equilibrio non è ancora definitivo.

Quindi, vorrei sapere dal Prof. Capello se, quando parla di assestamento, si riferisce a una condizione di equilibrio o a quel posarsi della neve non ancora definitivo ».

Prof. CAPELLO: « Per assestamento io intendo la fase in cui già inizia il processo di trasformazione della neve, che può determinare una riduzione (o anche un accrescimento) del manto nevoso. Non intendo il raggiungimento di una posizione di equilibrio ».

Dott. AGOSTINI: « Inoltre, il Prof. Capello ha asserito che sul suolo roccioso nudo, con qualunque pendenza, si ha una situazione che favorisce notevolmente la formazione di valanghe. Su questo non sono d'accordo, perché una parete rocciosa molto inclinata si libera costantemente dell'accumulo e quindi è quanto mai difficile la formazione delle valanghe. E' vero che per la sua stessa natura vetrosa la neve può trattenersi anche su pendii vicini a 90°, ma è anche vero che i pendii più ripidi si scaricano più velocemente ».

Prof. CAPELLO: « Bisogna naturalmente non considerare l'inclinazione 0°, ma negli altri casi la neve viene trattenuta. Normalmente la roccia non

è liscia, ma è scabrosa, per cui basta una certa pendenza perché la neve si raccolga e successivamente si scarichi».

Dott. AGOSTINI: «Ma lei fa riferimento a qualsiasi pendenza?».

Prof. CAPELLO: «Certo, ripeto, non a inclinazione 0° ; ma, per es., la neve può aderire anche quando la roccia è verticale. Si possono vedere delle pareti scabrose che raccolgono neve e poi provocano anche delle valanghe, pur se di dimensioni ridotte, poiché al contatto tra la neve e la roccia vi è una certa lubrificazione».

Dott. AGOSTINI: «Inoltre non sarei d'accordo sulla funzione di trattenimento della neve svolta dalle erbe non falciate sui pendii rocciosi. Perché, se l'erba non è falciata, la neve tende a liberarsi man mano che si raccoglie. Quando invece è falciata, trattiene un lieve primo manto, sul quale si deposita l'altra neve».

Prof. CAPELLO: «A mio avviso l'accumulo di neve può verificarsi in ambedue i casi. Anche quando l'erba non è falciata, però è essiccata e piegata, la facilità della formazione di valanghe è sempre presente. Ciò si verifica anche indipendentemente dalla quantità di neve».

Dott. AGOSTINI: «Il Prof. Capello ha detto larvatamente che il bosco può proteggere dalle valanghe. Certo è un po' difficile fare questa affermazione se si pensa che a Livigno 180 alberi secolari nel 1950-51 sono stati portati giù da una valanga che si è distaccata al di sopra del limite della vegetazione permanente. Se invece al bosco è unito il terrazzamento, allora la situazione è ottimale».

Prof. CAPELLO: «In linea di massima il bosco è una zona autoprotetta; sappiamo però che non lo è in assoluto. La pineta di Plampincieux nella Val Ferret del Monte Bianco è stata asportata totalmente da una valanga che si era appunto distaccata da una zona sopra il limite della vegetazione permanente».

Dott. AGOSTINI: «Il Prof. Capello ha parlato di valanghe del secondo tipo, cioè microclimatiche (o evolutive), dove vi sono interazioni che si possono individuare in modo sicuro. Ora, dati i diversi ancoraggi che ha una coltre nevosa (laterali, di fondo, sommitali, ecc.), penso che la situazione sia resa molto poco sicura. Mentre il Prof. Capello parla di "valanghe-avviso", io parlerei di "valanghe concomitanti", perché in Valsesia, presso Alagna, oltre alla prima valanga se ne determinarono altre due laterali. Si potrebbe parlare quindi di valanghe concomitanti, chiamando valanghe-avviso solo quelle che ne precedano una di più grandi dimensioni».

Prof. CAPELLO: « Ribadisco quanto ho detto. Per es., nell'alta Val d'Aosta sembrava quasi certo che non potesse cadere nessuna valanga nella regione di La Thuile-Courmayeur, se prima non fossero cadute certe valanghe nella prima vallata (La Thuile). E per diverse decine di anni infatti è stato così.

Quando abbiamo incominciato a studiare il fenomeno, ci siamo accorti che non c'era alcun rapporto di interdipendenza; infatti negli ultimi anni l'ordine si è invertito senza rapporto di tempo. Le valanghe-avviso (che, ripeto, non esistono) non sono da confondere con quelle concomitanti ».

Dott. AGOSTINI: « Lei ha parlato di viscosità per il ghiaccio, senza darne una definizione per la neve. Vorrei anticipare un testo, che sarà pubblicato a cura del Comitato Scientifico del Club Alpino Italiano e preparato da A. Roch, che penso sia il maggior valangologo del mondo, al quale testo anch'io ho collaborato. Abbiamo deciso di chiamare la neve "viscoplastica", in certe manifestazioni; poiché a volte possiamo avere della neve polverulenta che provoca valanghe rapidissime, perfino con velocità superiori ai 400 km/h, la quale può essere assimilata ad un fatto aerodinamico.

Poi, il vento di valanga è di tutte le valanghe oppure no? Forse è più di quelle a neve polverulenta ».

Prof. CAPELLO: « Il vento di valanga può aversi per tutti i tipi di valanga, anche per quelle più lente. Per es., ho visto una valanga scendere da un vallone confluyente alla valle del Gran San Bernardo, a velocità non eccessiva, e distruggere con il moto dell'aria antistante tratti notevolissimi di bosco; era una valanga che scorreva in un solco di versante. Quindi, il vento di valanga può aversi in tutti i casi; ma non si confonda il vento di valanga con le valanghe nubiformi ».

Dott. AGOSTINI: « Vorrei concludere con alcune osservazioni che si richiamano alle raccomandazioni già contenute nella relazione del Prof. Capello. Non bastano le opere di difesa: occorre un'azione di prevenzione, per es., la costruzione di carte di valangosità, nel contesto della stessa opera di pianificazione degli insediamenti umani. Purtroppo, ciò non incontra sempre il favore degli amministratori e delle autorità locali ».

Dott. LAURETI: « Vorrei intervenire sulla relazione del Prof. Nangeroni. L'azione dell'acqua di fusione nivale si esercita anche, da quello che ho osservato nelle Alpi Apuane, su rocce in posizione orizzontale.

All'azione delle acque di fusione si accompagna quella degli acidi umici e della vegetazione, con gli acidi contenuti nell'apparato radicale, come risulta da un recente lavoro di due studiosi milanesi, S. Belloni e G. Orombelli, sul Carso triestino.

Inoltre, nel "Bollettino della Società Geografica Italiana" del 1971 è comparso un articolo di uno studioso padovano, A. De Fanti, sull'azione di

alcuni microrganismi sul gruppo del Monte Civetta, azione che si potrebbe accompagnare a quella delle acque nivali ».

Prof. NANGERONI: « A Milano ho un balcone costruito con calcescisti venati di micascisto. Sono passati 25 anni da quando quel balcone è stato costruito. Esso aveva allora una superficie levigatissima ed omogenea, mentre ora la vena di micascisto emerge per 5 mm. Per quanto riguarda il De Fanti, nella mia relazione ho ricordato ampiamente il suo lavoro sul gruppo del Monte Civetta, in cui egli ha esaminato il problema delle piccole intaccature, in un corso superficiale, dovute alla presenza di microrganismi vegetali ed animali ».

Prof. L. FENAROLI: « Si è parlato di rapporti tra la vegetazione e il comportamento della neve. Ora, questi rapporti variano secondo i tipi di vegetazione: per es., i festuceti facilitano l'azione di ablazione della neve. Ma anche nel caso di boschi bisogna distinguere. Se prendiamo le formazioni di pino mugo, esse danno luogo a piani compatti ed elastici che facilitano lo scorrimento della neve. Infatti, spesso dobbiamo intervenire direttamente, praticando delle aperture in quelle superfici compatte.

Considerando altre formazioni, come quelle del larice, si può dire che esse possono costituire un baluardo finché la pianta è giovane, ma molte sono secolari e quindi vanno passivamente ad accrescere la massa di valanga anziché trattenerla. E' questo un problema gravissimo, perché, non avendo tali piante, a quelle quote, una propria azione di rinnovamento, sarebbe necessario sostituirle completamente, magari con il cirmo, come si fa nel Tirolo, dato che esso ha maggior capacità di rinnovarsi ».

Capit. CANTU': « Vorrei avere notizie sullo stato della rilevazione sistematica e continuata delle valanghe in zone campione opportunamente scelte e definite e sulla possibilità di conoscere anche l'istante della caduta ».

Prof. CAPELLO: « Non siamo certo arrivati a questo, anzi ne siamo ben distanti. Si dovrebbero fissare le stazioni di rilevamento là dove le valanghe sono più ricorrenti. Circa le ricerche sul momento di caduta, che convengo essere molto importanti, credo che le cose possano risultare ancor più problematiche per i mezzi finanziari che occorrerebbero. Comunque, da quanto abbiamo ascoltato prima, mi pare che molte cose stiano migliorando: io sapevo che il Club Alpino contava soltanto su 60 stazioni, mentre ora ho sentito parlare di 125 ».

Prof. NANGERONI: « Sono a conoscenza del fatto che in Valsesia c'è un gruppo di persone molto attive e molto capaci, che ha fatto una statistica delle valanghe nella vallata, arrivando a contarne circa 1000, tra le più importanti, nel solo anno 1972. Ogni valanga è stata schedata, con tutte le sue caratteristiche ».

Capit. CANTU': « L'esigenza di una rilevazione statistica rigorosa, secondo me, si pone per conoscere non tanto il numero di valanghe riferibile a ciascuna valle, quanto la valangosità, o meno, di certi periodi. Perché, se nessuno esce di casa in un certo periodo, esso può risultare, a parità di valanghe cadute, meno valangoso di un altro ».

Prof. CAPELLO: « Ho avuto modo di sentire che esiste un insieme di schede di valanghe di un gruppo di soci del Club Alpino della Valsesia; mi pare che esso sia stato preparato con una certa fretta e qualche improprietà nel distinguere valanga da valanga. Infatti 1000 valanghe sembrano troppe!

In una prima fase l'archivio delle valanghe dovrebbe comprendere in ordine cronologico le valanghe più importanti, soprattutto per le conseguenze che hanno avuto per le attività umane. A maggior ragione un sistema di rilevazioni ricorrenti dovrebbe riguardare quelle aree che hanno una maggiore importanza per le attività umane: per la costruzione di strade, per le pianificazioni comunali, ecc. ».

Capit. CANTU': « Vorrei cogliere l'occasione per invocare che le osservazioni delle valanghe comportino anche una statistica.

Mi spiego: la statistica delle valanghe è il rilevamento di ogni singola caduta con l'indicazione di quando essa ha avuto luogo (un'approssimazione di qualche ora è sufficiente), mentre l'elenco di tutte le traiettorie percorse almeno una volta da una valanga si suol chiamare catasto. Ora, in Italia le iniziative per realizzare un catasto delle valanghe sono state e sono numerose e per alcune zone i dati disponibili incorporano l'esperienza di parecchi decenni; tuttavia manca una statistica vera e propria, che pure è il solo mezzo per verificare con rigore la bontà dei metodi di previsione e il più efficace ausilio per escogitarne di nuovi.

Beninteso, non penso minimamente ad una statistica estesa a tutto il territorio battuto dalle valanghe: per gli scopi cui ho accennato, sorvegliare alla buona tutto questo territorio è meno utile che seguire con rigore piccole aree-campione.

I rilevamenti a carattere quasi statistico attualmente eseguiti dal Corpo Forestale dello Stato, dagli organi regionali, dal Club Alpino Italiano e da altre istituzioni temo siano insufficienti. Lo spoglio dei risultati lascia il sospetto che talune stazioni lavorino con scrupolo ed altre con scarso impegno, oppure con impegno diverso da un periodo all'altro. A questa causa di inomogeneità se ne aggiunge un'altra: le varie reti di rilevamento non adottano gli stessi criteri di osservazione e spesso neppure le stesse schede. Ad es., gli organismi forestali delle Regioni a statuto speciale utilizzano schede diverse da quelle del Corpo Forestale dello Stato, e c'è da temere che qualche anno dopo il passaggio alle Regioni a statuto ordinario di tutte le competenze loro spettanti avremo tanti criteri di rilevazione quante sono le Regioni interessate dalle valanghe ».