

## IL PROBLEMA DELLE VALANGHE

In un convegno dedicato allo studio geografico della neve, dopo le relazioni riguardanti dapprima le precipitazioni nevose e poi il manto nevoso e la sua durata, non poteva mancare un tema che riguardasse il problema delle « valanghe di neve », perché esso si collega ai precedenti argomenti ed inoltre perché le valanghe, quali più quali meno, interessano profondamente il suolo, l'uomo e le sue attività. Ringrazio perciò la Presidenza della Società Geografica Italiana per la fiducia accordatami nell'affidarmi il gradito compito di svolgere una relazione su questa problematica, alla quale da molti anni dedico gran parte della mia attività.

Dirò subito che questa trattazione non avrà un carattere esclusivamente regionale e cioè non vorrà soffermarsi sulle valanghe del territorio nazionale, né su quanto in Italia si è fatto e si sta facendo per studiare questa fenomenologia, ma avrà un più ampio respiro; rifletterà invece, nel loro complesso, le nostre conoscenze attuali su tale problematica, accennando appena agli argomenti d'ordine geofisico, per sviluppare invece quelli più vicini al campo geografico che, a mio avviso, non sono ancora stati oggetto di sufficienti ed approfondite osservazioni.

A questo proposito, infatti, si deve rilevare che mentre, ad es., gli studi sulle condizioni strutturali del manto nevoso dalla fase della sua formazione a quella della caduta della valanga, e così pure quelli teorici e pratici relativi alle condizioni dinamiche dello scorrimento delle valanghe ed alla costruzione delle opere tecniche paravalanghe, hanno avuto notevoli sviluppi, specialmente ad opera dei ricercatori elvetici, agli aspetti geografici della lavinologia, come, ad es., la tipologia, la forma dei depositi, l'influenza geomor-

fica, il paesaggio che ne deriva, ecc., sono state rivolte soltanto ricerche sporadiche e comunque non adeguate ed incomplete. Sono, dunque, gli argomenti di quest'ultimo tipo quelli sui quali mi soffermerò maggiormente nella mia relazione.

La caduta di valanghe è una fenomenologia naturale discontinua, con periodicità variabile, talvolta ritmica, che si presenta con una problematica assai complessa avente aspetti e rapporti multilaterali, per effetto delle correlazioni spazio-temporali che ad essa inevitabilmente fanno capo.

Già la stessa definizione è quanto mai incerta. Si definisce convenzionalmente « valanga » lo spostamento di uno strato o di una massa di neve superiore a 50 m. Si fa astrazione, perciò, dalla natura della neve, dallo stato del suolo e da altri fenomeni che possono più correttamente essere considerati fattori di *valangosità*.

Uno studio completo di essa esige la prenoscenza di molte variabili, delle condizioni topografiche, delle proprietà statiche e dinamiche della neve, delle condizioni meteorologiche e della loro variazione nello spazio e nel tempo. Con tutte queste nozioni si possono avere buoni elementi per la conoscenza della *valangosità in genere* e della *valangosità locale*.

Dobbiamo subito avvertire che tali variabili non si esplicano mai con regolarità e con rapporti semplici, ma agiscono irregolarmente e si manifestano con influenze multilaterali, e l'esperienza insegna che è difficile dire quale di esse è il fattore dominante.

Quello che in certe condizioni appare essere veramente tale, in altre condizioni pressoché identiche, o simili, non lo è più, donde deriva una incertezza costante, incertezza che supera di gran lunga quella che si rivela, ad es., nello studio delle anomalie del moto dei ghiacciai. Questo richiamo mi pare opportuno perché la materia prima che costituisce sia la neve libera, sia quella delle valanghe, sia il ghiaccio di ghiacciaio è sempre la stessa, e cioè l'acqua allo stato solido, il cui comportamento statico e dinamico, nonostante i molti progressi compiuti nel suo studio, presenta ancora lati misteriosi.

E' nostra intenzione soffermarci dunque su queste conoscenze, indicando di volta in volta, nei limiti del possibile, la loro impor-

tanza relativa. E' chiaro, però, che volendoci occupare delle valanghe dal solo punto di vista geografico alcuni argomenti non ci riguardano se non marginalmente, presentando essi invece molto interesse ai fini di altre discipline. Ed incominciamo dallo studio fisico della neve.

In esso possiamo distinguere subito il punto di vista *statico* da quello *dinamico*. Dal punto di vista statico, esula lo studio della neve in caduta libera nell'atmosfera e delle sue trasformazioni nella fase di caduta; vi è incluso, invece, lo studio della neve giacente al suolo e delle sue metamorfosi, distruttive e costruttive, che si traducono nel cosiddetto processo di *assestamento*.

E' quindi l'analisi della struttura intima del manto nevoso e del suo evolversi nel tempo che porta il primo contributo alla comprensione della fenomenologia in studio. Ma queste variazioni sono trasformazioni irreversibili, in parte autonome (cioè indipendenti da altri fattori, ma legate al solo processo evolutivo della formazione del manto nevoso di un certo spessore) ed in parte dipendenti da fattori meteorologici, quali, ad es., le successioni di nevicate, con conseguente stratificazione differenziata del manto.

Questi argomenti sono di natura prettamente geofisica ed i molti approfonditi studi compiuti dagli studiosi del Weissfluhjoch (Davos) hanno portato ad una loro conoscenza che ormai si può dire completa. Essi non riguardano direttamente lo studio delle valanghe dal punto di vista geografico e quindi non si vuole qui accennare ai risultati cui si è giunti: vogliamo però avvertire che di questi si dovrebbe pur tenere conto qualora si volessero studiare particolari aspetti della ripartizione cronologica stagionale delle valanghe, specie se vi è una parvenza di ritmicità, rapportabile al ripetersi pure ritmico delle nevicate.

La conoscenza del comportamento *dinamico* del manto nevoso spiega i fenomeni di stacco e di scorrimento della valanga. Questo non è soltanto un argomento geofisico, perché deve tener conto di varie cause: metamorfiche o diagenetiche, topografiche, oltreché di fattori accidentali.

Il *metamorfismo* rientra nel punto precedente delle trasformazioni irreversibili e si spinge a considerare i limiti al di là dei quali il manto trasformato ed in equilibrio instabile può dar luogo

allo stacco di valanghe. Qui però si devono fare alcune riserve che si collegano a riflessioni che presenteremo in seguito.

Le *cause topografiche* costituiscono un insieme di argomentazioni di chiaro interesse geografico: esse sono diverse ed agiscono in modo complesso, nel senso che condizioni iniziali preesistenti possono favorire la formazione e la caduta di valanghe ed a loro volta queste possono modellare il suolo in modo da facilitare lo stacco di notevoli estensioni del manto nevoso.

Favoriscono la formazione di valanghe in primo luogo il *suolo roccioso nudo* e liscio, con qualunque pendenza, per la facilità con la quale le acque di fondita possono lubrificare la superficie di contatto fra la neve e la roccia.

In secondo luogo le *superfici erbose* d'alta montagna, per lo più adibite a pascolo, oppure quelle indurite dal gelo nelle quali, per l'abbandono delle terre, l'erba alta non viene più falciata: mancando le stoppie che hanno funzione di ritenuta, oppure in presenza di erbacce alte, secche e piegate al suolo, costituiscono una superficie di slittamento favorevolissima allo scorrere dello strato nevoso, sia umido, sia secco.

Per quanto riguarda la vegetazione d'alto fusto (cioè il *bosco*), è invece certo che ostacola in modo notevole la formazione delle valanghe: i versanti boscati sono quindi zone che, in generale, sono autoprotette. Ciò non significa però che dove vi è il bosco le valanghe non cadano: questo ha un effetto di « trattenuta allo stacco » delle valanghe. Se un bosco però ne è investito in pieno, esso può anche essere totalmente distrutto. Le valanghe che si staccano occasionalmente nei boschi segnano un decorso tipico (che l'occhio esercitato ben sa distinguere). Il fatto è noto da antichissimi tempi e ne sono prova i molti editti, divieti, ecc. stabiliti dalle signorie alpine dei secoli scorsi per la protezione delle selve.

Le prime due condizioni del suolo (quello roccioso nudo e quello erboso) tuttavia non sono sempre originarie, come vedremo in seguito.

Un quarto fattore topografico che condiziona la caduta di valanghe è l'*esposizione* del versante montuoso. Infatti si è constatato come esso possa influire sul numero dei punti di caduta e di slittamento delle masse nevose. Nel complesso delle vallate

italiane delle Alpi, ad es., si è potuto rilevare che i versanti rivolti verso SE, S, SO sono più valangosi degli altri. (Queste osservazioni sono ancora provvisorie ed in via di ulteriori verifiche e controlli).

Un quinto fattore topografico condizionante la formazione di valanghe è poi la *pendenza* (o inclinazione) del versante, considerata, per una data sezione valliva, dalla quota più alta a quella più bassa. Lungo ciascun profilo vi sono zone di maggiore o minore pendenza, cui corrispondono luoghi aventi maggiore o minore possibilità di favorire la caduta di valanghe. E' pur tuttavia superfluo far notare come assieme a questo fattore agiscano in concomitanza anche quelli prima ricordati; in altri termini, la sola pendenza del suolo non è sempre determinante.

Infatti, in particolari condizioni strutturali della neve, del suolo, e con adeguate condizioni meteorologiche, sono stati osservati scorrimenti valangosi di coltri nevose anche con inclinazioni del suolo minime (1), sino a  $12^\circ$  (!), quindi praticamente pianeggianti. Questi sono casi rari, anzi casi-limite, ma pur possibili, e talvolta hanno causato vittime umane, perché la gente, passando su superfici nevose a pendenza pressoché nulla, non poteva pensare ad uno slittamento reale della neve, con possibilità di pericolo, ma piuttosto ad un errore di valutazione (allucinazione) o ad un fenomeno di illusione ottica collettiva.

Un altro gruppo di fattori determinanti la formazione di valanghe è quello delle *cause atmosferiche*. Sono molte ed agiscono influenzandosi a vicenda e talvolta in modo sinergico. Le principali sono: la temperatura e le sue variazioni, l'umidità atmosferica e le sue variazioni in breve periodo di tempo, l'insohlazione diretta, il vento, le precipitazioni sotto forma di neve, pioggia sola o mista a neve, ecc.; esse influiscono sulle condizioni già esistenti nel manto nevoso (se questo preesiste) e ne determinano altre nuove, che spesso — se le stesse cause si ripetono — portano ad una *modificazione ritmica* della sua struttura.

Le condizioni meteorologiche possono quindi agire in forma

---

(1) B. COTTMAN, *A Wet-snow on a Slope of 12 Degrees*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium on Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches* (Davos, 1965), Gentbrugge, 1966, pp. 273-275.

duplice: dapprima sulla metamorfosi della neve, ed in tempi successivi come fattori diretti dello stacco e dello slittamento della valanga. In un manto metamorfosato si possono instaurare le condizioni predisponenti, ma non è detto che la valanga si formi.

Possono inoltre esistere, oltre alle trasformazioni metamorfiche delle quali si è detto, *situazioni meteorologiche* propizie per la caduta di valanghe (aumento della temperatura, caduta di pioggia) senza per altro che queste si verifichino. *Non esistono leggi* precise al riguardo, *ma soltanto constatazioni*, e questo fatto crea una perenne incertezza sul problema della frequenza nel tempo, cioè sulla periodicità.

Noterò incidentalmente che questa mancata correlazione tra « situazioni » ed « eventi » si verifica spesso nello svolgersi degli eventi naturali. Così, per es., nel campo della meteorologia alpina, si hanno spesso situazioni tipiche per il manifestarsi del *föhn*, alle quali però non fa seguito alcuna irruzione delle masse d'aria calda che ne sono l'espressione palese.

Tutte le considerazioni che abbiamo sinora svolto, nell'ambito delle conoscenze meteorologiche, portano a considerare il problema della *previsione* o della *probabilità* di caduta delle valanghe. Recentemente si sarebbe prospettata la possibilità di distinguere preliminarmente, secondo questo punto di vista, due tipi di valanghe (2).

Il primo, che viene definito come *direct action avalanches* ed io indico come *valanghe immediate*, comprende quelle che cadono subito dopo le nevicate; dipendono prevalentemente da fattori meteorologici i quali, se studiati con accuratezza e giustamente interpretati ed integrati ancora con le conoscenze dei diversi fattori concomitanti, possono essere prevedibili.

Il secondo tipo è definito come *climax avalanches*; cioè le *valanghe microclimatiche* o *valanghe evolutive* sono quelle che dipendono da una certa debolezza strutturale del manto nevoso, per effetto della metamorfosi della neve che lo forma. Una previsione in tempi stretti non è meno facile di quella fattibile nel caso precedente, perché non è agevole conoscere i tempi di queste tra-

---

(2) E. LA CHAPELLE, *Avalanche Forecasting. A Modern Synthesis*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 350-356.

sformazioni. Ed io aggiungo la domanda: si può essere sicuri, in tema di ricerche di questo tipo di metamorfosi, che sperimentando in punti successivamente diversi di un manto, sia pur allo stesso livello, le condizioni siano uguali? Personalmente ritengo di no, ma solo lunghi e ripetuti studi microcristallografici di specialisti consentono la formulazione di una risposta.

Conoscenze topografiche e meteorologiche possono — ma non sempre — permettere di riconoscere con larga approssimazione le *situazioni potenziali di valangosità*, che appunto da esse dipendono. Sappiamo che anche in Italia il Centro Meteorologico dell'Aeronautica di Linate studia le correlazioni tra queste situazioni e la valangosità effettiva, basandosi sui *tempi di assestamento* del manto nevoso (3): i risultati sinora ottenuti sono interessanti e molto promettenti.

Si deve tuttavia far differenza tra le prime e le seconde conoscenze (topografiche e climatiche), perché le prime sono fisse e costanti in un determinato luogo (spazio), mentre le altre sono molto mutevoli, anche in tempi ravvicinati, oltretutto in territori ristretti.

Sempre in tema di situazioni di valangosità passiamo da quelle dovute al tempo a quelle dovute al luogo di caduta, cioè alla *localizzazione spaziale* di esse. Anche qui ci si trova in situazioni di incertezza. Vi sono è vero, *condizioni topografiche pre-disponenti* per cui, sia con scarso, sia con abbondante innevamento, in condizioni meteorologiche qualsiasi, le valanghe si generano sempre (è questo il caso tipico delle valanghe periodiche annuali), ma vi sono anche qui fattori che non hanno rapporti con la topografia locale, ad es. l'innnevamento differenziato.

Le anomalie dell'innnevamento, quasi sempre dovute a cause primarie (cioè alle diverse quantità assolute di neve cadute in luoghi vicini, come d'altra parte avviene anche per le piogge), od a cause secondarie (influenza selettiva del vento sulla caduta, e di perturbazione ed alterazioni del manto nevoso già deposto, per il fenomeno detto « scaccianeve »), si traducono in un *innnevamento differenziato*, con conseguente *asincronismo* della caduta delle valanghe.

---

(3) V. ERMINI: si veda in questo volume di « Atti » alle pp. 83-100.

Ciò si rileva facilmente sia nel caso di cadute singole, sia nel complesso di cadute durante un inverno, quindi in un ciclo annuo.

Le anomalie dell'innevamento e della localizzazione delle valanghe più evidenti sono quelle che si notano con facilità sui due versanti di una dorsale montuosa che abbiano esposizione diversa rispetto al vento dominante. Vengono, perciò, ad individuarsi *zone potenziali* per la caduta di valanghe, che, rispetto a zone contigue, sono immuni da questa fenomenologia. Così, ad es., è nota la valangosità differenziata dei due versanti, settentrionale e meridionale, della catena alpina, con zone potenziali più frequenti sul primo che non sul secondo versante.

Ma a proposito di *zone preferenziali* e di sincronismo devo qui ricordare come un tempo si credesse che determinate valanghe precedessero la caduta di altre contigue, oppure no, che quindi esse avessero quasi la funzione di *valanghe-avviso*. Tali correlazioni, alla luce di successive più accurate indagini, non si sono però dimostrate vere: esse sono piuttosto dovute a casi di pura convergenza spazio-temporale.

Sempre in tema di « luoghi di caduta di valanghe » si deve accennare alle ricerche effettuate allo scopo di stabilire se esistono chiari rapporti tra *frequenza numerica* (o numero delle valanghe) ed altitudine di distacco di esse. Non esistono sicuri, stretti e costanti rapporti: si è tuttavia notato che il maggior numero di valanghe cade fuori delle regioni glacializzate, tra 1700 e 2000-2200 m di altitudine.

Occorre però distinguere se si vuole parlare di valanghe di « media montagna » o di « alta montagna ». Queste ultime sono quelle che si formano per lo stacco di cornici di neve, o di neve che scivola dai canaloni delle alte dorsali alpine che hanno la funzione di alimentare le masse glaciali. Queste, infatti, sono determinate, come si sa, sia dalla neve che cade direttamente al suolo durante l'inverno, sia da quella che proviene dalle pareti dei circhi o dai canaloni di raccolta che le solcano.

In ogni bacino superiore di raccolta glaciale (e si chiamano appunto così perché in essi la neve si accumula) le valanghe che possono cadere sono infinite come numero, di ogni dimensione (senza specifiche forme) ed in qualunque periodo dell'anno, benché in maggior numero d'inverno ed in primavera. Sono effettivamente

valanghe di neve polverosa e come tali vanno considerate, benché non sia possibile né opportuno fare di esse una statistica numerica o topografica. La loro importanza è glaciologica e geomorfica.

La frequenza numerica spaziale (o topografica) delle valanghe che cadono fra i livelli detti è condizionata però anche dalla cosiddetta « apertura valliva », spesso dalla esposizione dei versanti, dalla ventosità: in una parola, non si tratta anche qui di un rapporto bilaterale, cioè fra due elementi (neve e luogo), ma multilaterale, dipendente, cioè, da molti fattori, anche se gli elementi topografici sembrano, e sono di fatto, quelli principali.

Dalle ricerche statistiche preliminari effettuate su tutto il versante italiano dell'arco alpino si è potuto rilevare che vi è la possibilità di distinguere tre gradi di frequenza numerica spaziale di valanghe, e cioè: zone a *massima frequenza*, dove le valanghe sono molto numerose e cadono vicine in settori relativamente ristretti, zone di *media frequenza*, dove esse, pur numerose, cadono su zone più estese e sono assai distanziate fra loro, ed infine zone a *valangosità sporadica*, dove esse *cadono qua e là*, in modo sparso od anche isolate.

Ed ora veniamo alla classificazione ed ai tipi di valanghe.

Già da molti decenni ed in paesi diversi (Svizzera, Germania, Austria, Francia, ecc.) sono state proposte e seguite alcune classificazioni tipologiche e relative denominazioni, le une basate su un solo dato di fatto, le altre su elementi diversi. Fatti ed elementi sono detti « criteri » e sono suscettibili di essere combinati, sicché una stessa valanga può essere classificata in modo diverso e contemporaneamente in tipi diversi, a seconda del criterio di classificazione adottato.

I criteri ultimamente proposti durante il Simposio internazionale tenutosi a Davos (nel 1965) (4) sono sei e sono noti a tutti (5). Esposti nello stesso ordine in cui furono presentati, che presumibilmente corrisponde a valutazioni di importanza, sono i se-

(4) COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., *cit.*

(5) M. R. DE QUERVAIN, *On Avalanche Classification a Further Contribution*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., *cit.*, pp. 410-418.

guenti: a) il tipo di rottura, b) la posizione della superficie slittante, c) lo stato di umidità, d) la forma del tracciato (traiettorie), e) la forma del movimento, f) la causa del distacco. Ivi si avverte, però, che occorre tener presente anche altri importanti fattori, come l'altitudine, il volume della neve traslata, la quantità delle precipitazioni nevose, lo stato di ventosità, ecc.

Durante il predetto Simposio fu anche proposta una classificazione indicata come « geografica » delle valanghe, ma questa, oltreché tener conto di alcuni fra gli elementi precedentemente indicati, associa alle valanghe di neve anche quelle di ghiaccio e come criterio generale di classificazione adotta quello altimetrico, per cui esse sono distinte in tre tipi: di alta montagna, di media montagna e di fondovalle (6). Non sembra però che tale lodevole proposta di classificazione possa essere considerata completa, essendo infatti l'altimetria una circostanza collaterale, ma non la più importante.

Non tutti i criteri proposti hanno uguale valore e soprattutto hanno un significato geografico. Sulla base della mia personale esperienza, a me pare che si possa proporre una nuova classificazione graduale rispetto alle cause ed agli effetti, nella quale figurino con chiarezza elementi geografici, perciò con l'aggiunta di ulteriori criteri di distinzione. Si deve tuttavia insistere sul fatto che non è possibile inserire una data valanga soltanto in uno o nell'altro tipo, data la notevole varietà di cause e di caratteristiche che molte di esse possono presentare in tempi diversi.

La nuova classificazione generale tiene conto di dieci criteri distintivi e naturalmente dà luogo a molti tipi di valanghe differenziate, tenendo anche conto che tali criteri si combinano fra loro e che i vari fattori si influenzano mutualmente. Tali criteri sono dunque i *dominanti* e sono:

- I, le *cause genetiche*: possono essere autonome (metamorfosi della neve); atmosferiche; caduta di cornici di neve; accidentali (passaggio di persone, di aerei, caduta di materiali, vibrazioni dovute a spari, ecc.);

---

(6) M. VANNI, *Pour une classification géographique des avalanches*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 397-407.

- II, l'*età della neve*: neve fresca; neve vecchia;
- III, l'*umidità della neve*: neve secca; umida; bagnata;
- IV, la *forma dello stacco*: da un punto circoscritto; lungo una linea a zig-zag o zona;
- V, la *posizione della superficie di slittamento*: valanghe di superficie; valanghe di fondo;
- VI, il *tipo di moto* (o la forma del moto, o lo *stato di coerenza* della neve): valanga polverosa o nubiforme; valanga scorrente radente (fluida, a blocchi, a lastre, pallottolare);
- VII, l'*area di dominio* (o sviluppo dinamico): su un versante; risalente; a fiumana lenta (incanalata sul fondo di un val-lone);
- VIII, il *profilo* (trasversale) *del suolo*: valanga di *pendio aperto* con limiti definiti ma variabili di volta in volta (= ellissoi-dale, piriforme, a sacco); oppure con limiti indefiniti (= in-forme, cioè falde nevose di varia estensione, tenue spessore, alle quali sarebbe da riservare il nome di *slavine*); valanga di *canalone*;
- IX, la *forma del deposito*: a colata libera; a semicono (se regolare); a ventaglio (se regolare); digitiforme (semplice o ramificata); a conca;
- X, la *periodicità*: periodica regolare (annua: invernale, prima-verile); periodica irregolare (qualche caduta in un lungo periodo di tempo); eccezionale.

Da questa classificazione si rileva che solo tre criteri (il II, il III, il IV) non hanno diretti rapporti geo-topografici: altri tre (il I, il V, il X) hanno invece solo qualche limitato rapporto, mentre i restanti quattro (il VI, il VII, l'VIII, il IX) presentano un evidente interesse geografico.

Tralasciando di parlare del II, del III e del IV criterio, ci soffermeremo dapprima su quelli che, per qualche verso, hanno interesse geografico, e poi su quelli nei quali questo interesse è prevalente.

Per quanto riguarda il *criterio genetico* (I), vi è da notare che la caduta di cornici di neve, e la formazione conseguente di

valanghe di alta montagna, oltre ad essere una delle fonti di alimentazione dei ghiacciai, ha un rapporto antropico, per gli sciatori-alpinisti che effettuano ascensioni e traversate d'alta montagna invernali e primaverili. Anche le valanghe mosse da frane rocciose costituiscono un fattore geomorfico sul quale ritorneremo in seguito.

Il criterio della *superficie di slittamento* (V) ha significato geografico solo per i tipi di valanghe di fondo, che, scorrendo radenti al suolo, lo alterano producendo talvolta modificazioni irreversibili: anche su queste ritorneremo più innanzi, parlando degli effetti delle valanghe.

A proposito del criterio della *periodicità* (X), che appare più frequentemente usato dagli autori italiani, giova ricordare quanto già ebbi a dire tempo addietro, in altra sede, e cioè che il *concetto di periodicità* è molto elastico e per lo più legato alla « memoria umana », quindi ad elementi soggettivi, non oggettivi. Una data valanga può essere, di fatto, a volte periodica annuale (cade ogni inverno, con molta o poca neve, una volta sola o ripetutamente, e allora è detta *ricorrente*), e a volte aperiodica, a seconda del ciclo climatico o delle condizioni meteorologiche nelle quali essa si manifesta.

Siccome però la periodicità si identifica con la *frequenza nel tempo*, concetto statico questo, si dovrebbe parlare della frequenza solo dopo molti inverni di osservazioni sistematiche e precise, e *sempre negli stessi punti di caduta* effettiva o potenziale. A questo proposito sono da ricordare le molte centinaia di valanghe che caddero annualmente, e ripetutamente, durante il periodo della prima guerra mondiale nelle Alpi Orientali (1915-1918) e che in seguito non si verificarono più con la frequenza ed intensità topografica di quegli anni. Di questo studio comparativo, assai minuzioso e non esente da difficoltà, sta occupandosi da parecchio tempo il nostro Istituto di Geografia Alpina di Torino.

La periodicità, come criterio di classificazione, non può avere il valore degli altri e va usato con molta cautela, anche se praticamente esso è il più noto ed il più seguito. Questo criterio non sembrerebbe avere, a prima vista, un interesse geografico se non si tenesse conto del fatto che la periodicità (presente od assente) costituisce un elemento di valutazione importante per la pianifi-

cazione territoriale delle zone alpine, oggi più che mai sotto l'influenza del dilagare del turismo nella media montagna. Sulla periodicità ritorneremo in seguito, parlando dei cicli.

Ora passiamo rapidamente in rassegna gli altri criteri e le tipologie, soffermandoci sui fatti di maggiore importanza o su quelli meno noti e meno studiati.

Il tipo di valanghe individuate secondo il criterio del *tipo di moto* (VI) ha molto interesse geografico soprattutto per il loro effetto talvolta catastrofico (dovuto, ad es., al vento di valanga), oppure alla potenza d'urto delle masse compatte scendenti a forte velocità, ed alle distruzioni che ne conseguono.

Il criterio dell'*area di dominio* (VII), da me introdotto, ha ragione di essere perché il secondo tipo di valanghe che ad esso si ricollega ha particolari caratteri geografici. La classificazione proposta dagli autori svizzeri è certamente meditata e basata sulla loro lunga esperienza, sulle condizioni di alta valangosità della loro regione e sulla presenza di larghi fondi vallivi. Le vallate svizzere sono però anche caratterizzate da forti precipitazioni nevose, per cui sui versanti, sui pianori che li attenuano, ed, in genere, sulle discontinuità dei pendii, le valanghe sono assai spesso arrestate a media altezza dal manto nevoso antistante, là dove la pendenza diminuisce.

Nelle altre regioni, dove la nevosità rispetto a quella delle Alpi svizzere è minore, come in taluni settori dei Pirenei, delle Alpi francesi ed italiane, i versanti sono molto ripidi ed i fondovalle assai ridotti, si hanno particolari tipi di valanghe che danno l'opportunità di motivare questo nuovo criterio.

Infatti nei valloni secondari, con fianchi ravvicinati, con fondovalle larghi pochi metri, le valanghe che si generano su un versante scendono precipitosamente sino al torrente sottostante, spesso lo superano e risalgono sul versante opposto, ostacolando dapprima il deflusso delle acque, poi, col passar del tempo, costruiscono un ponte di neve compatta visibile che unisce i due versanti e che dura in qualche caso alcuni mesi. Nella risalita sul versante opposto, che può essere di decine di metri, si possono produrre devastazioni ragguardevoli, talvolta imprevedibili.

Dico « talvolta », perché le valanghe di questo tipo di solito

sono sempre le stesse, pur avendo variazioni di estensione da un anno all'altro, a seconda della quantità delle precipitazioni nevose.

Sempre in questo criterio (VII) rientra la possibilità di distinguere un altro tipo di valanghe che io indico col nome di *valanghe a fiumana lenta* incanalata. Succede, in molti valloni secondari con pareti rinserrate, che una valanga scesa su un fianco raggiunga il fondo vallivo e poi — sia spontaneamente, se la quantità di neve che essa trascina è notevole, sia perché riceve la controspinta di una valanga consimile scendente dal fianco opposto antistante — si incanali lungo la linea del *thalweg*, appoggiandosi al fondo ed alle sponde e scorra lentamente in esso come il sottostante torrente (se esiste).

Se poi ad essa giungono altri apporti di neve da canalini di raccolta confluenti di minore importanza e scagliati lateralmente, la massa di fondo si gonfia, aumenta di volume progressivamente, e continua a scorrere talvolta con velocità un po' accresciuta. A questo tipo di valanga ad alimentazione multipla, che può raggiungere uno sviluppo in lunghezza di alcune centinaia di metri, ho proposto il nome detto che mi pare appropriato. Le masse nevose collaterali che le alimentano e scorrono nei canaloni secondari non si possono considerare come altrettante valanghe, ma come collettori di alimentazione, che spesso si interrompono quando la neve scorrente in essi si arresta e non raggiunge la colata principale del fondo del canalone.

La valanga scorrente sul *thalweg* con velocità ridotta si comporta in modo simile ad un torrente, ha potere scalzante sulle sponde e può spesso trasportare nella massa di neve e sulla sua superficie detriti, blocchi rocciosi, alberi, ceppaie, ecc., di ogni grandezza e peso. Essa però non raggiunge il fondovalle piano ed in ciò, oltretutto per la sua lentezza, si differenzia dalle valanghe tipiche di canalone.

Il criterio del *profilo del suolo* (VIII) serve a differenziare due tipi principali di valanghe universalmente noti perché di immediata e facile distinzione: quelle di *versante aperto* e quelle di *canalone* (non semplici depressioni o solchi superficiali di versante, ma canali incassati, forre, gole, e così via). La distinzione è chiara e semplice, ma i tipi secondari che si possono differenziare in base alla forma d'insieme di quelle di pendio sono numerosi. Queste

ultime sono tipiche delle regioni di alta montagna e delle regioni fortemente innevate.

Le *valanghe di pendio* interessano aree quanto mai variabili, possono avere contorno ben definito oppure no, ma in ogni caso sono assai pericolose per gli sciatori, oltrech  per la repentinit  dello stacco, anche perch  il loro percorso e sviluppo   bizzarro. Esse si possono arrestare talvolta autonomamente, anche per la semplice azione di frenaggio che pu  esercitare il manto nevoso che incontrano (se la neve che lo costituisce non   compatta o gelata). Hanno scarsa importanza geografico-fisica.

Queste valanghe di versante aperto non si possono inquadrare in uno schema tipologico che tenga conto soltanto delle loro forme, perch  queste sono moltissime e, oltre che assai mutevoli, talvolta anche imprecisabili. I tipi aventi un contorno ben definito, che di solito sono di piccola entit  e di breve durata, possono differenziarsi per le seguenti forme: ellissoidale allungata (per lo pi  provenienti da un punto ben preciso di stacco, uno spuntone roccioso o simile), o piriforme, o a sacco. Tutte queste, di solito, si fermano a mezza costa, sul pendio. Talvolta, quando sono parecchie ed assai vicine, o scendono da cretine rocciose emergenti sui fianchi di un versante, non hanno n  una forma, n  un contorno ben definito, ma nella zona di unione generano un ammasso caotico di neve fluida o di blocchi irregolari che possono scorrere anche in senso trasversale al pendio, come *colata valangosa libera*, non incanalata.

Nel suo moto di scorrimento questa pu  avvolgere e fasciare tutta la base del versante dal quale la neve si   staccata. Essa non ha un comportamento dinamico di speciale rilievo, salvo la presenza di onde che si sviluppano se la caduta di neve si ripete pi  volte. E' tipica invece l'anisotropia specialmente della densit  e della compattezza della neve.

Le *valanghe incanalate* tipiche hanno invece una traiettoria fissa, raramente escono dagli argini, che per lo pi  sono costituiti da sponde rocciose. Essendo il canale di scarico quasi sempre a forte pendenza, acquistano una notevole velocit  di caduta. Hanno un comportamento caratteristico di tipo idrodinamico.

Per la notevole spinta *a tergo* e per la pendenza del solco, le masse nevose sono sollecitate ad incanalarsi sempre pi , inglo-

bando anche quelle che provengono da canalini di alimentazione laterali eventualmente esistenti lungo il percorso, e ad addensarsi fittamente perché strette ai lati dalle sponde. La colata acquista perciò un certo spessore, compatibile con le forze costipanti e l'attrito interno.

Oltre un certo limite entra in gioco il rigelo, la densità si avvicina a quella del ghiaccio, per cui la comprimibilità della neve raggiunge il valore massimo, e strati contigui sovrapposti si saldano fra di loro, innalzando il livello della superficie di scorrimento. Gli strati inferiori rimangono così ancorati al suolo e scorrono soltanto quelli superiori, che possono accrescere il loro spessore se la caduta si ripete dopo qualche tempo.

Segni visibili di questa dinamica della valanga in caduta sono le striature longitudinali che con facilità si possono sempre osservare su tutte le colate e sono indice della presenza di superfici di frizione sul fondo, e più ancora sulle sponde. Il fatto di per sé avrebbe soltanto interesse geofisico se, per altro, non portasse a varie conseguenze di interesse geografico.

La prima è che ogni valanga veloce scorrente incanalata tende ad *innalzare il proprio letto*, non dissimilmente da quanto avviene nei fiumi, dove nei periodi di piena, per l'accresciuto deflusso, nuovi materiali sono trascinati e si depositano sul letto fluviale, facendo deviare le masse acquee ritmicamente a destra ed a sinistra. Parrebbe di poter trovare per queste valanghe un'analogia con il moto dei ghiacciai, nei quali appunto avviene anche un fenomeno identico, di innalzamento del proprio letto (se questo è un fondovalle largo, regolare, non accidentato e poco pendente) per effetto dei materiali morenici di fondo che ricoprono via via il substrato immobile sottostante.

Nei ghiacciai, però, la materia plastica vischiosa che li costituisce ha un comportamento più regolare e più facilmente studiabile. Il moto avviene come si svolgerebbe in una serie di canali di un certo spessore, scorrenti coassialmente rispetto al filone centrale, ed in modo lentissimo, mentre in questo tipo di valanghe il moto si svolge con fulmineità e con anisotropie di ogni genere, per impulsi e turbolenze varie.

La seconda è la formazione di soglie e *gradini d'arresto* intermedi, che determinano un moto ad onde, e che inoltre possono

avere la funzione di trampolini di lancio per le colate valangose successive. Queste scendono al disotto di essi con accentuata *vis a tergo*, oppure possono determinare delle deviazioni della colata stessa a destra o a sinistra rispetto alla direzione media della traiettoria, dando luogo a volte ad esondazioni, generando così lingue secondarie o, più raramente, dove il terreno lo consente, a disalveazioni totali, che possono avere conseguenze calamitose rimarchevoli.

Questi caratteri nel comportamento dinamico delle valanghe incanalate hanno poi interesse geografico al termine della traiettoria, nella zona di deposito, perché ivi si hanno morfologie speciali, sia della massa valangosa, sia dei depositi conseguenti: su questi ultimi ritornerò più oltre parlando delle azioni geomorfiche.

Voglio soffermarmi ancora sulle *forme della massa avvalangata*, cioè sul criterio IX. Questo criterio di classificazione tiene conto di argomentazioni che a me pare non siano state (o siano state insufficientemente) oggetto di indagini da parte degli studiosi, quelle relative alla « morfologia » dei depositi. Mi sia consentito di esporre qui brevemente i risultati di moltissime osservazioni e constatazioni fatte personalmente a questo proposito in regioni diverse, anche al di fuori del nostro Paese.

Dal punto di visto geografico, a mio avviso, il criterio della *forma del deposito* ha molta importanza, per le valanghe che presentano una traiettoria avente un certo sviluppo e raggiungono un fondovalle principale più o meno largo, con campi, prati, insediamenti umani. L'area complessiva coperta dal deposito di ciascuna valanga non cambia molto — a parità di condizioni meteorologiche — e perciò le azioni calamitose e geomorfiche dovrebbero essere, per lo più, prevedibili.

La forma del deposito può variare da una caduta all'altra (specialmente in dipendenza della quantità di neve caduta in precedenza), ma si esplica su una superficie ben circoscritta. Tipiche sono a questo riguardo le ben note valli di Rhêmes e di Cogne, dipendenti dalla principale grande Valle d'Aosta, due vallate nelle quali l'intensità topografica delle valanghe è assai notevole e dove le forme dei depositi si ripetono sempre secondo aspetti costanti.

Il *semicono* (o ventaglio uniforme) è la forma classica dei

depositi di valanga allo sbocco dei canaloni, a tutti nota. Non sempre però la neve si allarga subito uniformemente: si forma perciò un ostacolo frontale, sia pur minimo, che obbliga la neve sopravveniente ad espandersi prima da un lato, poi dall'altro. Se essa, come quasi sempre avviene, porta con sé materiali detritici, questi sono dispersi a ventaglio, ed a neve scomparsa rimangono conoidi di detriti simili a quelle dovute ai torrentelli sfocianti in piano dai valloncini. Più la dispersione della coltre avvalangata è uniforme, più il cono detritico è omogeneo: di solito esso è privo di solco mediano e questo è un carattere differenziale rispetto alle conoidi torrentizie.

Altra particolare forma è poi quella a *lobi* o *digitazioni*, talvolta lunghe decine di metri, irradiantisi da un certo punto del deposito. Esse sono dovute ad anomalie di sviluppo direzionale del deposito stesso in via di formazione. Sono causate da arresti nello scorrimento della neve, per effetto dell'innalzamento del letto già ricordato, e presentano talvolta diramazioni secondarie multiple dovute ad ostacoli vari sul fondo.

Talvolta questi accumuli di neve avvalangata si conservano sino alla tarda estate, data la loro compattezza e l'alta densità della neve compressa che le costituisce: da noi sono indicate, per lo più, col nome di « code di valanghe ».

Questo tipo di accumulo a digitazioni è degno di particolare attenzione perché lo svilupparsi di queste diramazioni si accompagna a complicati moti non ancora studiati, talvolta con andamento serpeggiante con deviazioni meandriformi, per cui vengono ad essere interessati tratti di suolo al di fuori della linea direttrice della traiettoria principale, con invasione di terreni e danneggiamenti che *a priori* sono impensabili.

Queste digitazioni, talvolta, anziché scorrere secondo la pendenza naturale del fondo vallivo lo rimontano, determinando vere *retroversioni del deflusso*, oppure, se incontrano una strada, possono avviarsi su di essa seguendola con moto accelerato, veloce, veramente bizzarro, il che si verifica non di rado.

Altro tipo di forma di accumulo è quello a conca, che ricorda la punta di una scarpa rivolta verso l'alto. Succede spesso che alla base di un versante una valanga, fermandosi di colpo ed accumulandosi, per la spinta dall'alto crei rapidamente un monticello

di neve avvalangata (alto anche 8-10 m), a monte del quale si forma una conca. E' questa una particolarità del deposito frontale che si può riscontrare spesso, come pure, in tema di comportamento durante il moto di discesa libera, si possono osservare evidenti *segni di turbolenza e di moti vorticosi* delle parti mediane della valanga, dovuti ad ostacoli sul fondo o ad altre cause, forse ad anomalie dell'attrito interno alla massa scorrente.

Per quanto riguarda poi altri elementi di valutazione per la classificazione generale delle valanghe, ritengo che le *dimensioni* e il *volume* della neve caduta non possano essere assunte come criterio valutativo in modo assoluto. Vi è chi, a questo proposito (7), vorrebbe distinguere le piccole, le medie e le grandi valanghe in base ad una serie convenzionale di valori prestabiliti di metri cubi e cioè rispettivamente meno di 500, tra 500 e 10.000, oltre 10.000 m<sup>3</sup> di neve.

E' da osservare che nella maggior parte dei casi è molto difficile valutare la massa nevosa che costituisce la valanga, della quale si possono indicare con certezza solo pochi valori lineari, quali la lunghezza della traiettoria, la larghezza media della colata, la larghezza frontale e lo spessore medio o massimo frontale.

Il volume, perciò, è un elemento discriminante troppo incerto e variabile per essere preso in considerazione, soprattutto per effetto delle mutevolissime condizioni meteorologiche che originano le valanghe (e specialmente la ventosità, che può determinare anomalie anche vistose nella distribuzione e nella potenza del manto nevoso) e per l'impossibilità pratica di effettuare misure dirette.

L'ultimo dei criteri di classificazione proposti è la *periodicità*, della quale quella annuale è la più semplice, quindi limitata nel tempo ed è quella comunemente nota anche ai valligiani ed in generale a tutti. Proseguiamo su questo argomento ampliandolo.

Come abbiamo parlato di *frequenza numerica spaziale* o *densità topografica*, così dobbiamo ora prendere in considerazione la *frequenza cronologica* o *periodicità cronologica* senza limiti di tempo, che si presenta molto interessante anche semplicemente come

---

(7) K. CHOMICZ, *Essai d'une classification des avalanches*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 408-409.

ipotesi di ricerca. Si entra così in un capitolo della lavinologia nel quale si devono ancora rapportare fattori molteplici, e che si amplia in considerazioni che abbracciano archi di tempo assai disparati.

Normalmente, quando si parla di valanghe si distinguono i due tipi, *invernale* e *primaverile*, che si sviluppano in un dato inverno, con riferimento, quindi, a condizioni meteorologiche ben diverse; si tratta dunque di una *distinzione stagionale a ciclo breve* (mensile o annuale). Nelle valanghe di uno di questi cicli, quelle della prima fase invernale sono per lo più dipendenti dalla entità e dalle modalità dell'innnevamento: la temperatura ha una importanza secondaria, mentre la maggiore (certo non esclusiva) è costituita dal complesso delle metamorfosi della neve al suolo.

Se poi vi è alternanza di caduta, neve con pioggia, come avviene alle basse altitudini, la situazione potenziale di valangosità è assai simile a quella primaverile. E' stato calcolato che tre giorni di caduta di neve normale corrispondono, per gli effetti che possono suscitare, a 25 mm di pioggia e che con 50 mm di quest'ultima si ha caduta di valanghe quasi certa (8). Ha invece molta importanza l'azione dei fattori meteorologici sulla evoluzione strutturale del manto nevoso.

Con osservazioni accurate e continue sulle sue condizioni si può dunque tentare una *prognosi*, o previsione, *della valangosità a ciclo breve* (in un solo inverno); non vi sono però possibilità di estrapolazioni per tempi successivi, anche volendo applicare il principio di analogia.

Riferisco, perché tipico, l'esempio delle valanghe cadute nella catena dei Monti Tatra, sul versante polacco, dove, sempre tenendo sotto osservazione gli stessi punti di caduta, nel 1961 si ebbero 5 valanghe, mentre nel successivo 1962 ve ne furono ben 158, con condizioni generali pressoché identiche e con variazioni strutturali ritmiche del manto nevoso assai simili (9).

---

(8) A. POGGI e J. PLAS, *Conditions météorologiques critiques pour le déclenchement des avalanches*, nel. vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 25-34.

(9) K. CHOMICZ, *Les avalanches dans les montagnes de Tatra*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 294-303.

Per quanto riguarda poi i *cicli lunghi*, cioè intervalli di tempo di parecchi inverni, ed anche per una successione secolare, la nostra esperienza è troppo breve; infatti le osservazioni sistematiche datano da non molto tempo e, per di più, sono troppo irregolari e discontinue per poter consentire di formulare giudizi sicuri ed eventualmente anche « leggi ».

Si pone il quesito se esistano, oppure no, *cicli di valangosità* e con quale ritmo. E' evidente che, se ci fossero rapporti chiari tra condizioni meteorologiche e situazioni di valangosità, analogamente vi dovrebbero essere correlazioni tra cicli climatici secolari e frequenza della caduta di valanghe nel decorso del tempo. In altri termini, sia nei cicli brevi come nei cicli lunghi vi dovrebbero essere gli stessi rapporti ed analoghe correlazioni.

Come si è già detto, vi sono scarse notizie in proposito perché negli annali che riferiscono dati sulle calamità naturali di questo tipo non vi sono, se non di rado, riferimenti climatici precisi. Notizie sicure si hanno, per es., per alcune località dei Pirenei Centrali (Barèges) e delle Alpi svizzere (Loèche-les-Bains), e sono relative soltanto al periodo 1800-1900.

Confrontando l'andamento ciclico dell'attività solare (alternanza dei periodi di massimi con periodi di quiete) si è potuto rilevare che nel secolo XIX si ebbero 10 anni di eventi valanghivi di entità catastrofica, per il ripetersi di molte e grandiose cadute, dei quali 7 (su 9) corrispondenti ad altrettanti minimi di attività solare, ed 1 solo (su 9) in corrispondenza di un massimo di attività: per due annate calamitose, quindi, non si è rilevata correlazione alcuna. Ma la correlazione, almeno per le poche località studiate, si è manifestata per l'80% dei casi dei singoli cicli (di un massimo e di un minimo consecutivi) (10).

Se questa constatazione fosse estensibile a molti altri luoghi e se vi fosse la possibilità di verificarla anche per il nostro secolo, del quale è già trascorso un discreto intervallo di tempo (pari a tre quarti di esso), per il quale le osservazioni effettuate sono state fatte con maggior cura e continuità, si potrebbe con ragione

---

(10) M. KAHN, *Considérations préliminaires sur la répartition chronologique des avalanches de neige*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *Symposium International*, ecc., cit., pp. 332-340.

ipotizzare l'esistenza di un *ciclo solare di valangosità*, cioè di valangosità che varia secondo i ritmi solari.

Molto si è discusso e si discute tuttora sulla esistenza di questi cicli climatici solari di varia durata, ma quello che appare più vicino alla realtà fisica, e più sicuro, è quello avente periodicità di 11 anni. Non è improbabile che alle conseguenze climatiche stagionali dovute ad un ciclo solare corrisponda pure una analoga variazione dei cicli di valangosità.

Dobbiamo tuttavia tener presente che le valanghe sono un fenomeno naturale molto complesso, di tipo fluttuante nello spazio e nel tempo, del tutto diverso da quelli meteorologici e climatici per i quali è stato possibile stabilire, mediante varie forme di analisi periodale, l'esistenza di variazioni ritmiche più o meno reali: per le valanghe l'esistenza di cicli estesi non generici, ma precisi, è ben più ardua da stabilire.

Passiamo ora agli aspetti della lavinologia che interessano più da vicino l'uomo. Ci soffermeremo qualche istante dapprima sui rapporti tra valanghe e clima, poi sulle influenze dirette od indirette sulle condizioni ambientali fisiche e biologiche, poi sui rapporti con le opere e l'attività umana, ed infine accenneremo brevemente a quanto si fa per la prevenzione e la protezione da esse.

Per quanto mi consta, non sono stati fatti studi sull'influenza del permanere dei depositi di valanga sulle condizioni termico-climatiche locali. E' presumibile che solo valanghe catastrofiche ed assai estese possano avere effetti microclimatici rilevabili, che si traducono però soltanto in un ritardo dell'attivarsi del periodo vegetativo della flora in aree ristrette.

Per quanto riguarda le influenze sulle condizioni ambientali, è da dire che la prima di queste azioni è quella che si identifica nell'*alimentazione* dei bacini di raccolta *dei ghiacciai*. La parte superiore di essi, oltre il limite climatico delle nevi, cioè la zona del nevato, è in gran parte costituita da neve avvalangata scesa dai canaloni dei circhi o dalle creste della montagna sulla quale il ghiacciaio si trova. Si tratta di una influenza idrologica indiretta poiché è a questa fase della sua alimentazione che si deve

la costituzione del nevato e poi del ghiacciaio, ed il suo trasformarsi in un bacino idrico di riserva allo stato solido.

Dal punto di vista idrologico si possono fare altre constatazioni di un certo interesse antropico. Le valanghe i cui depositi si arrestano a media altezza sui pendii ritardano lo scioglimento del manto nevoso in quei punti e, se sono notevoli, ritardano pure i deflussi dei rivi di fusione nei mesi primaverili, rivi che ii più delle volte si esauriscono e cessano di esistere durante il periodo estivo. Non di rado i grandi depositi di neve avvalangata nei *thalweg* danno luogo al formarsi di laghetti temporanei che durano talvolta molti giorni, perché la neve è fortemente compressa. Quando l'acqua riesce ad aprirsi un varco si può avere un lento suo defluire nel solco a valle del deposito, oppure non di rado una ondata improvvisa di piena che può provocare modificazioni alle sponde dell'alveo e danni alle opere umane.

Molte ricerche di autori russi hanno dimostrato che nelle regioni dove l'attività delle valanghe è debole, dal 10 al 30% della neve dei pendii è asportata dalle valanghe; dove invece l'attività delle valanghe è notevole la frazione di acqua dovuta alla fusione dei depositi di valanga può rappresentare sino al 50% del deflusso annuo di un torrente (11). In questo argomento, tuttavia, come è logico prevedere, i dati possono essere assai disparati, anche in dipendenza della durata del gelo del suolo sottostante, il quale suolo può assorbire o non assorbire le acque di fondita, dando luogo a condizioni di deflusso assai disparate.

Già si è detto, parlando delle cause delle valanghe, come le condizioni fisiche del suolo abbiano una notevole importanza e si è anche precisato che il suolo nudo è sede preferenziale di valangosità. Ora dobbiamo aggiungere che in moltissimi casi il suolo nudo, privo di copertura anche solo erbosa, e più ancora quello diboscato, sono pure effetto della valangosità. Le valanghe di fondo sono quelle che decorticano e denudano il suolo sino alla roccia sottostante ed esse stesse, unitamente a quelle nubi-formi, determinano spesso *deforestazioni* estese.

---

(11) M. I. IVERONOVA, *The Hydrological Role of Snow Avalanches*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 73-77.

In qualsiasi caduta di valanghe di una certa entità, specie se il loro decorso è tortuoso, esiste poi l'enorme potere distruttivo del cosiddetto « vento di valanga », cioè dello spostamento d'aria nella parte antistante della traiettoria, per cui questo, anche se il canale di scorrimento è quasi rettilineo, determina devastazioni ritmiche ora a destra ora a sinistra, sicché al non esperto sembra che la valanga come tale abbia ondeggiato durante la sua discesa.

Queste deformazioni nei valloni stretti si fanno sentire specialmente sul versante opposto a quello di caduta: esse quindi sono di due tipi, frontali (più frequenti) e laterali, discontinue, alternate (meno frequenti).

I danni ai boschi sono di solito molto rilevanti e, quando anche il terreno prativo è interessato, la *denudazione contemporanea* del suolo rende impossibile ogni forma di rimboschimento. La valangosità locale è quindi accresciuta per effetto della stessa *valangosità iniziale* (o primaria), che determina una *valangosità secondaria*.

Oltre a queste modificazioni ambientali (climatiche, idrologiche, biologiche) ne esistono poi ancora altre d'ordine geomorfologico. Già si è accennato ad esse quando si trattò dei depositi delle regioni di accumulo delle valanghe. Ora aggiungiamo che si possono distinguere morfologie dovute esclusivamente a queste.

Facendo astrazione dalle condizioni iniziali dei valloni incassati per fratturazioni morfologiche, i cui fianchi possono ulteriormente degradarsi per l'asportazione di blocchi rocciosi e detriti dovuta alle azioni ritmiche del gelo e del disgelo, le morfologie più tipiche dovute alle valanghe si trovano nella zona di deposito e si possono distinguere nelle seguenti forme:

- a) *assolcamenti* progressivi lenti dei fianchi vallivi aperti (*avalanche tracks*);
- b) *accumuli detritici a cono* (*avalanche rock cones*);
- c) *lavinomorene* o terrapieni frontali (*avalanche mounds or pseudomoraines*);
- d) *argini laterali* subparalleli (*parallel ridges*) dovuti alla dispersione laterale di materiali detritici od all'assolcamento dei rivi di fusione subnivali;
- e) *conche* da valanghe (*avalanche pits*), che si verificano quando

la zona di arresto di una valanga è sempre la stessa, la massa nevosa è notevole (ma non trascina con sé detriti) e la forza d'urto è cospicua.

Quest'ultima morfologia non mi pare sia stata segnalata nelle nostre Alpi, forse per la sua rarità o scarsa evidenza: gli autori slavi (12) ne trattano invece di frequente e la pongono in evidenza, perché talvolta queste conche possono raggiungere dimensioni notevoli, come, ad es., nella valle del fiume Tomi (Altai), dove esse hanno forma ellittica, con aree variabili da 100 a 300 m<sup>2</sup> e profondità da 3 a 5 metri.

Non si devono poi dimenticare i modellamenti secondari, come, ad es., quello dovuto alla presenza od all'ampliarsi di conche detritiche che determinano anse e *deviazioni dei torrenti* nei solchi d'impluvio; la formazione di *zone incolte* ed improduttive detritiche ed arbustive, per il progressivo e periodico accumularsi dei materiali trascinati dalle valanghe nella zona di arresto. Queste modificazioni ambientali hanno tutte un carattere progressivo e quasi mai servono ad arrestarle le opere di difesa costruite dall'uomo, consistenti in muretti delimitanti le aree minacciate o aventi alterazioni tendenti a svilupparsi sempre più.

Ed infine eccoci ai danni diretti determinati, con periodicità più o meno frequente, alle vie di comunicazione (strade, ponti, linee elettriche di vario tipo, ecc.), alla distruzione di alpeggi, case isolate e villaggi interi, spesso invasi direttamente dalle colate valangose, ma assai sovente devastati od abbattuti dal « vento di valanga », in zone relativamente discoste da quelle dove le valanghe cadono. Poi ancora vittime umane ed animali.

E' su queste ultime, in special modo, che si soffermano le annotazioni giornalistiche contemporanee o delle cronache dei tempi andati. A questo proposito sono state fatte, e si fanno anche oggi, rilevazioni annuali che si possono ritenere abbastanza complete, specialmente per questi ultimi anni. Tuttavia le ricerche storiche hanno dimostrato, con documenti ineccepibili, che il numero delle vittime dei tempi nostri per lo più è molto modesto

---

(12) C. D. PEEV, *Geomorphic Activity of Snow Avalanches*, nel vol. COMMISSION OF SNOW AND ICE OF A.I.H.S., *International Symposium*, ecc., cit., pp. 357-368.

rispetto a quello che si ebbe decenni addietro, quando le condizioni climatiche erano assai diverse.

Di questi tristi eventi, che si possono chiamare vere catastrofi, si perderebbe ben presto il ricordo, se, come stiamo facendo noi, nel nostro Istituto, non si ricercassero e raccogliessero le testimonianze. Cinque, dieci vittime dovute ad una sola valanga ai nostri tempi sono già eventi che sembrano eccezionali, ma così non è. Infatti si hanno sicure documentazioni, anche riguardanti il nostro secolo, delle quali è quasi svanito il ricordo, di valanghe che produssero decine di vittime, come, ad es., quella invernale del vallone di Rochemolles, del gennaio 1931, nella quale vi furono 21 morti, e quella primaverile del Beth, pure in Piemonte, dell'aprile 1904, nella quale le vittime salirono a 81.

Sia nell'un caso come nell'altro si trattò non di distruzioni di villaggi, ma di persone investite da valanghe gigantesche mentre erano in cammino. Questi due casi, che abbiamo voluto citare come esempio, sono eccezionali, ma sono superati quasi certamente da quelli avvenuti durante la guerra italo-austriaca del 1915-1918, dove — benché le notizie ufficiali non siano mai state rese note per motivi militari — le vittime furono parecchie migliaia nel periodo indicato. Allora si trattò di molte valanghe: nei due esempi ora detti le vittime furono invece dovute a due sole valanghe isolate.

Questa mia relazione non sarebbe completa se non si facesse almeno un cenno ai problemi connessi della prevenzione e della protezione dalle valanghe, nonché della pianificazione delle zone sottoposte a questa calamità, che oggi possono rendersi indispensabili per il riflusso verso i monti della gente di pianura che s'illude di trovare un po' di pace fra le montagne.

Questi argomenti riguardano la *lavinologia applicata* ed hanno rapporti, sia pure parziali, con la geografia. Io non mi soffermerò su di essi: mi limiterò a far rilevare che, mentre la *prevenzione* del pericolo della caduta di valanghe esige studi teorici e ricerche di carattere interdisciplinare (meteorologia e fisica della neve), la *protezione* comporta lo studio tecnico e l'esecuzione di opere anti- e paravalanghe che possono cambiare totalmente il *paesaggio geografico* locale.

A questo proposito citerò soltanto due esempi, fra i tanti che si potrebbero ricordare, e cioè i settori di Andermatt, nel Vallese, e del versante italiano del valico del Gran San Bernardo. Le opere di difesa, un tempo erette nei luoghi più esposti in forma e modo empirico, oggi sono preventivamente studiate da tecnici specializzati che devono conoscere bene sia le caratteristiche del manto nevoso in movimento, sia le adeguate opere da costruire: piazzuole, palizzate, deviatori o protettori diretti, spartivalanghe, gallerie, ecc.

Nelle due citate regioni, tali opere di difesa moderna, che sostituiscono quelle più antiche risalenti anche al Seicento, ora sono state eseguite secondo i dettami della moderna ingegneria e l'aspetto della montagna è cambiato totalmente. Chi ha visto i versanti montuosi prima della esecuzione di quei lavori, oggi non è più in grado di riconoscerli: si è avuto quindi un profondo cambiamento di paesaggio.

Naturalmente, anche per gli insediamenti umani temporanei in luoghi residenziali sui fondovalle si è pensato di condurre, specialmente da parte di autori svizzeri e canadesi, analoghi studi che consentano di individuare le aree aventi una certa sicurezza e quelle insicure, dove la pianificazione dovrebbe escludere il sorgere di attrezzature sportive e turistiche invernali (villette, rifugi, alberghi, impianti vari). Ed in questo consiste l'opera di *pianificazione preventiva* che porta anch'essa a selettività di aree pericolose non sfruttabili, insomma a *modelli sperimentali* di villaggi antivalanghe.

Dopo questa lunga esposizione mi sia consentito di aggiungere ancora qualche parola su quanto sinora è stato realmente fatto in Italia su questa problematica. Prescindiamo anzitutto da particolari e localizzati scritti occasionali, di tempi diversi, che trattano delle valanghe da punti di vista differenti (scritti di divulgazione, descrizioni di particolari eventi, notizie sul soccorso alpino invernale, ecc.) ed anche da quelli che ad esse si riferiscono, ma che sono programmi organizzativi fatti da appassionati, che non hanno tuttavia portato a risultati scientifici concreti.

Ricerche aventi una direttiva ed una certa continuità, almeno per qualche tempo, hanno invece fornito, in anni lontani, il Club Alpino Italiano (e si sono rinnovate ora in forma diversa), ed

in tempi più recenti la Scuola Militare Alpina, il Servizio Forestale e l'Istituto di Geografia Alpina. Mentre i primi tre enti si sono limitati alla segnalazione dei punti di caduta delle valanghe in anni decorsi ed al presente, l'ultimo (da me fondato e diretto) si è impegnato a fondo, sin dalla sua costituzione, non solo alla ricerca delle notizie storiche ed attuali su di esse, ma anche alla comparazione ed all'improbabile lavoro di controllo *in loco*, e di fusione delle notizie di varia provenienza, al fine di costituire un primo « archivio delle valanghe italiane », ormai in fase di avanzata elaborazione. Ne sono prova i molti volumi sinora pubblicati su questo argomento, quelli attualmente in corso di stampa e la prima carta generale delle valanghe italiane in tre fogli, alla scala di 1:200.000 (13).

Oltreché delle condizioni presenti, noi ci siamo interessati della ricerca delle notizie storiche poiché, come già dissi al XXI Congresso Geografico Italiano di Verbania-Pallanza (1971), solo le conoscenze del passato possono spiegare, sia pure entro determinati limiti, le fenomenologie che oggi osserviamo. Ed è con questa direttiva di ricerca multipla, storica (e recente)-statistica-topografica, che l'Istituto intende sviluppare, completare e perfezionare le proprie indagini, e pertanto si ritiene (modestamente) l'ente che più di ogni altro in Italia oggi si occupa intensamente di questo problema, sotto questo punto di vista.

Nell'indicato Congresso di Verbania, in una velocissima e quanto mai sintetica tavola rotonda avente finalità multiple, avendo dovuto io stesso trattare del problema « valanghe », esposi

(13) IST. DI GEOGRAFIA ALPINA, Torino, « Studi sulle valanghe ».

Vol. 1° - I.G.A., *Le valanghe in Piemonte negli inverni dal 1957-58 al 1960-62*, Parte I: *Testo*, pp. 122.

Vol. 2° - I.G.A., *Le valanghe in Piemonte negli inverni dal 1957-58 al 1960-62*, Parte II: *Atlante*, n. 26 tavole doppie.

Vol. 3° - C. F. CAPELLO, *Le ricerche sulle valanghe in Italia dalle origini al 1965*, Torino, 1968, pp. 203.

Vol. 4° - E. CAPELLO, *Atlante delle valanghe delle Alpi Orientali Italiane nel periodo 1915-1919*, Torino, 1968, n. 56 tavole.

Vol. 5° - C. F. CAPELLO, *Documenti inediti o rari sulle valanghe e sulle nevi in Italia*, Torino, 1971, pp. 113.

Vol. 6° - C. F. CAPELLO, *Introduzione allo studio delle valanghe in Italia*; C. F. CAPELLO e E. FEROGGIO, *Le valanghe della Valsesia e del Biellese*, Torino, 1971-1972, pp. 174.

Vol. 7° - C. SIMONETTA e M. L. NEGRO, *Note illustrative sulle carte generali delle valanghe delle Alpi Italiane*, Parte I: *Testo*, pp. 62; Parte II: *Tre carte Corografiche delle valanghe delle Alpi Occidentali e Centro-Orientali*. Scala 1:200.000, Torino, 1972.

anche uno schema di *programmazione generale* degli studi da svolgere in Italia su questa calamità alpina, tenendo conto dei vari indirizzi che studiosi ed istituzioni si sono sinora prefissi: tale schema quindi può incontrare l'approvazione di ogni specialista.

Per le ragioni già esposte la « casistica generale » (storica-archiviale ed attuale, la topografia a piccola — 1:100.000 — e media scala — 1:25.000 — ecc.) deve continuare ad essere studiata e seguita dal nostro Istituto, e ciò con l'apporto nominativo e riconosciuto di qualsiasi fonte informativa (persone od enti).

Il Club Alpino Italiano, e quanti collaborano con esso (specialmente gli osservatori locali), dovrebbero attendere al servizio di segnalazione-previsione del pericolo di caduta di valanghe nei vari settori delle Alpi, mediante i ben noti bollettini settimanali del periodo invernale (emessi con l'assistenza dell'Istituto Federale di Davos) ed alle opere di soccorso relative, ove occorran. A tutto ciò, infatti, da alcuni anni si dedicano il Servizio Previsione Valanghe ed il Soccorso Alpino.

Le opere tecniche di protezione, con gli opportuni rilievi a grandissima scala (1:5000 - 1:10.000 od anche maggiore), dovrebbero essere, e sono infatti, argomento di competenza sia del Corpo Forestale dello Stato (come anche suggerito da una ben nota relazione in proposito fatta al governo anni addietro), sia dei singoli comuni che ne sono più direttamente interessati, anche ai fini urbanistici locali.

Infine, studi speciali dovrebbero essere condotti da altri enti di studio, come l'Istituto di Fisica dell'Atmosfera, il Centro Meteorologico dell'Aeronautica (Linate) e la Commissione Nevi del Comitato Glaciologico. Quest'ultima, sinora, non ha tuttavia svolto un'attività speciale, ma per contro — senza invadere il campo di altrui competenza — ha stabilito di occuparsi di più strette ricerche scientifiche, sul tipo di quelle che si svolgono a Davos, relative ai rapporti tra fatti diversi: condizioni meteorologiche, manto nevoso, valanghe, ben riferiti a determinati bacini sperimentali montani, nei quali vi sono impianti idroelettrici, come già fu fatto dalla commissione stessa per gli studi sulle caratteristiche fisiche del manto nevoso. Queste, se così svolte, si inquadrano anche molto bene con le finalità generali del Comi-

tato, che sono appunto quelle di indagare e chiarire i *rapporti globali* tra meteorologia, apporti e deflussi nei bacini idroelettrici.

Naturalmente, ogni ente ben comprende che non vi devono essere né doppioni, né sovrapposizioni di attività nel tipo di ricerche condotte, e ciò per fare opera veramente concertata di collaborazione che — rispettando le iniziative già sviluppatasi da anni — possa consentire collegialmente di conoscere sempre meglio questa fenomenologia.

Per parte nostra non possiamo che essere lieti di queste iniziative che integrano perfettamente quelle geografiche del nostro Istituto, condotte ormai da anni con un piano di sviluppo che si proietta nel tempo, iniziative le quali, oltreché portare risultati pratici, possono consentire di sviluppare anche studi di interesse multiplo teorico-sperimentali.

Non si deve tuttavia dimenticare quanto ebbi già a dire in precedenza e cioè che *la valanga di per sé è una fenomenologia consequenziale*, assai *fluttuante sia nel tempo sia nello spazio*. Essa risulta determinata dalla anastomosi di molteplici fattori che non sempre possono essere tutti presenti, e quindi è una calamità i cui sviluppi sono talvolta imprevedibili perché impen-sabili, specialmente per fattori di turbolenza interna e di sinergismo, che non si possono controllare e tradurre in formule, e che perciò sfuggono ad una sicura valutazione.

(N. B. - Per la discussione sulla relazione di C. F. Capello, che ha avuto luogo insieme con quella sulla relazione di G. Nangeroni, cfr. pp. 319-323).