

Valanghe in Lombardia

Severino Belloni* - Emiliana Grasselli*

Introduzione

Il continuo e progressivo sviluppo del fenomeno turistico e degli sport invernali, con l'urbanizzazione a volte insensata di nuove aree montane, ha riproposto in maniera evidente il problema delle calamità naturali della Regione Alpina e in modo particolare quello delle valanghe. Allo scopo di conoscere meglio i meccanismi che determinano il distacco di masse nevose e le caratteristiche più salienti di esse è stata svolta un'indagine di tipo statistico di cui, in questo lavoro, vengono messi in risalto i risultati. Per lo svolgimento di tale indagine sono stati utilizzati i dati delle schede fornite dall'Ispettorato Regionale delle Foreste di Milano, riguardanti 1146 valanghe cadute sul territorio delle province lombarde di Bergamo, Brescia, Como e Sondrio. La più antica valanga di cui si ha notizia risale al 1888, mentre i dati più recenti si riferiscono a valanghe cadute nel 1978.

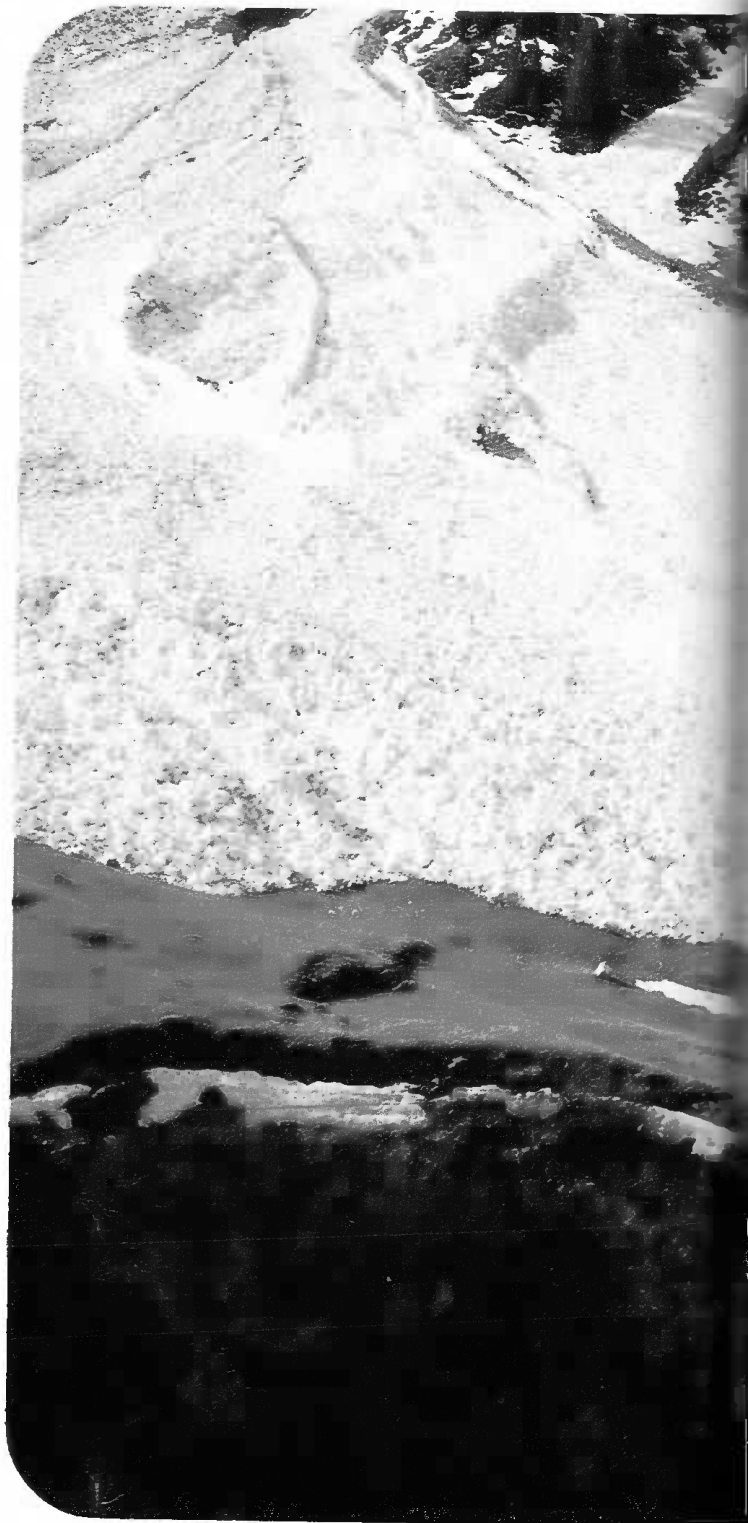
Con gli stessi dati e con quelli riguardanti valanghe cadute nel 1979/80 è stata poi compilata una carta in cui vengono messe in evidenza le aree di maggiore pericolosità valanghiva della Regione Lombardia. In tale carta, allegata al presente lavoro, le valanghe sono suddivise secondo la loro periodicità di caduta e il loro volume di distacco. In particolare il colore verde indica valanghe a periodicità sconosciuta cioè valanghe di cui non si conosce l'intervallo di tempo che intercorre fra una caduta e la successiva nello stesso luogo, il colore rosso indica valanghe a caduta annuale, il colore azzurro valanghe a caduta ricorrente cioè valanghe che si staccano ogni 2/4 anni nello stesso luogo e infine il colore giallo indica valanghe a caduta eccezionale cioè valanghe che si formano nello stesso luogo a distanza di decine di anni.

Il simbolo ● indica una valanga con volume di distacco sconosciuto, il simbolo ▼ una valanga con volume di distacco inferiore a 100000 m³, il simbolo ▼ una valanga con volume di distacco compreso fra 100000 e 1000000 m³ e il simbolo ▼ indica una valanga con volume di distacco superiore a 1000000 m³.

Dalle schede fornite dall'Ispettorato Regionale delle Foreste di Milano, è stato possibile ricavare numerosi dati descrittivi delle valanghe e numerose misurazioni riconducibili a parametri matematici di cui si è eseguita un'analisi statistica.

L'analisi statistica è servita: a mettere in evidenza le aree montane della Lombardia più colpite dal fenomeno valanghivo e le caratteristiche principali delle zone di distacco, scorrimento e deposito delle valanghe, a studiare l'andamento delle misurazioni numeriche note attraverso gli istogrammi mettendo in evidenza le misurazioni minime e massime rilevate, le misurazioni medie calcolate e la moda cioè la classe di maggior frequenza di ciascun parametro, a calcolare le eventuali relazioni esistenti fra i parametri noti confrontandoli fra loro a due a due in diagrammi in cui i valori delle due variabili esaminate sono posti sugli assi delle coordinate cartesiane.

* Dipartimento Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano. Con il Contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche (anno 1982), "Centro di Studio per la Stratigrafia e la petrografia delle Alpi Centrali." Gli Autori ringraziano il geometra S. Antico che ha disegnato la carta delle valanghe e la signora M. Vergnano che ha disegnato le figure che illustrano il lavoro.

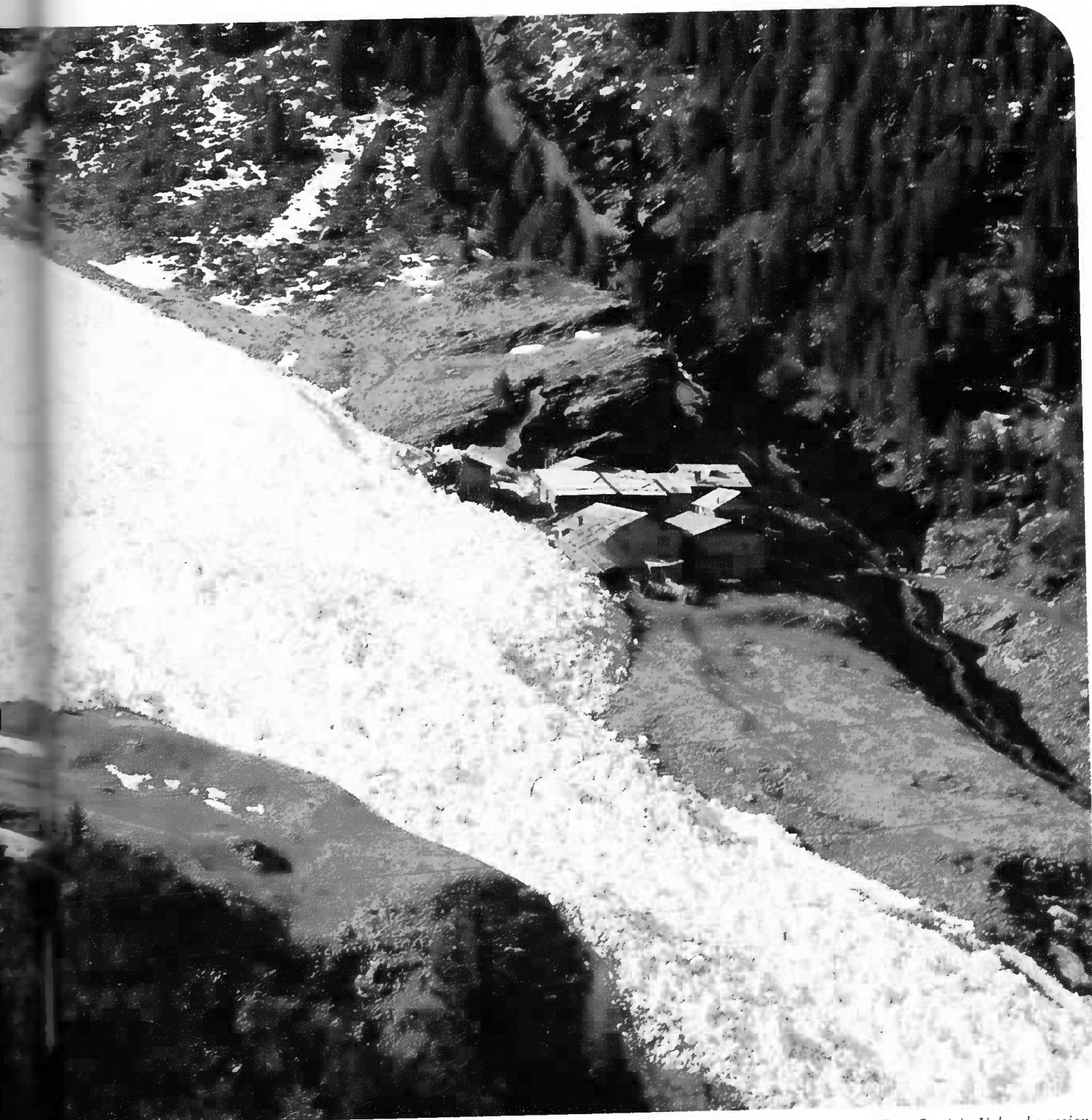


Esame delle caratteristiche descrittive delle valanghe

Un primo riordino dei dati a disposizione ha permesso di suddividere le valanghe per provincia di appartenenza e secondo alcune caratteristiche quali la periodicità di caduta, l'aspetto della neve nella zona di distacco, le cause accertate o presunte di distacco, le condizioni meteorologiche nei tre giorni precedenti e al momento del distacco, la zona di scorrimento della valanga, il tipo di movimento, la forma e l'aspetto della neve nella zona di accumulo, i danni causati e le opere di difesa esistenti.

La provincia lombarda più colpita dal fenomeno valanghivo è risultata Brescia con il 31,06% delle valanghe considerate, seguono Sondrio con il 29,49%, Bergamo con il 20,86% e Como con il 18,59%.

Solamente 226 valanghe, pari al 19,72% delle valanghe esaminate hanno una periodicità di caduta sconosciuta mentre 920 valanghe (80,28%) hanno una periodicità di



La valanga del Cerena (Alta Valfurva) (Foto Servizio Valanghe regione Lombardia - 5ª zona Bormio)

caduta nota. Le valanghe con periodicità di caduta nota sono ulteriormente suddivise in valanghe a caduta annuale, ricorrente ed eccezionale. Le valanghe a caduta annuale sono 573, quelle a caduta ricorrente sono 227 e 120 sono le valanghe a caduta eccezionale. Solo le 20 valanghe a caduta eccezionale possono essere considerate imprevedibili mentre per le altre 800 (86,96%) valanghe, a caduta nota, questa è prevedibile. Quindi tenendo conto del fatto che il percorso delle suddette valanghe varia solitamente ad ogni periodica caduta in minima parte, è possibile svolgere un proficuo lavoro di prevenzione e difesa delle zone interessate, reso quanto mai necessario dal notevole aumento del turismo invernale avvenuto negli ultimi anni.

L'aspetto della neve nella zona di distacco è noto per 633 valanghe e in generale è emerso che nell'82,3% dei casi osservati le zone di distacco occupano una vasta area del versante interessato alla caduta delle valanghe. Il tipo di substrato su cui avviene la caduta è molto eterogeneo, ma

la copertura vegetale tipo prato o pascolo degradato e la roccia nuda rappresentano i substrati preferenziali di caduta delle valanghe (64,45%).

Le zone di scorrimento sono note per 1021 valanghe e si è visto che la via preferenziale di scorrimento per 496 valanghe è il canalone. Il canalone è una struttura morfologica che tende ad allargarsi ed approfondirsi ad ogni periodico passaggio di valanghe e quindi la sua presenza in zone montane testimonia pericolo di valanghe. Le restanti valanghe con zona di scorrimento nota si muovono lungo un piano inclinato o in una generica depressione del pendio.

I tipi di movimento sono noti per 431 valanghe: 395 valanghe si muovono aderenti al terreno, 25 in massa polverosa e 11 valanghe hanno un movimento misto rispetto a quelli precedenti. Le cause di distacco accertate sono note

per 171 valanghe mentre quelle presunte sono conosciute in 863 casi osservati. Le cause che concorrono alla formazione di una valanga sono molteplici, ma le più frequenti sia accertate che presunte sono le condizioni meteorologiche favorevoli, l'eccessiva altezza del manto nevoso e l'eccessiva inclinazione del pendio su cui la neve si accumula.

Le condizioni meteorologiche nei tre giorni precedenti al distacco sono note per 367 valanghe, mentre quelle note al momento del distacco sono 621. Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche nei tre giorni precedenti al distacco si è visto che nel 64,84% dei casi osservati sono la pioggia abbondante e il calore prodotto dalla radiazione solare nei giorni sereni che preparano le condizioni favorevoli alla caduta di valanghe. Le masse nevose si staccano molto facilmente in giornate in cui si hanno precipitazioni solide e/o liquide abbondanti nel 60,22% dei casi e in giornate particolarmente calde con cielo sereno nel 15,94% dei casi osservati. Anche il vento particolarmente forte può causare la caduta di valanghe favorendo lo slittamento delle masse nevose abbondanti soprattutto in zone a pendenza elevata.

L'osservazione dei dati relativi agli ultimi due parametri, prima considerati singolarmente e poi collegati fra loro, mostra che nella maggior parte dei casi osservati le condizioni meteorologiche dei tre giorni precedenti e al momento del distacco non variano o variano di poco fra loro. Il manto nevoso, in caso di bel tempo, generalmente raggiunge e supera i 100 cm di spessore parecchi giorni prima del distacco ed è principalmente la forte escursione termica fra la notte e il giorno che agisce sulle masse nevose favorendo il formarsi di valanghe se non intervengono altri fattori esterni. Nel caso in cui invece le nevicate si protraggono per più giorni, è l'eccessiva altezza del manto nevoso che provoca il distacco di valanghe. In alcuni casi però le condizioni meteorologiche variano nettamente prima della caduta delle valanghe. Se ad esempio dopo alcuni giorni di intense nevicate si ha un giorno di sole, le abbondanti masse nevose già in precario equilibrio sulle pendici montane a volte a forte pendenza, perdono di coesione sotto l'effetto dell'alta temperatura causando il distacco di valanghe. Una copiosa nevicata che segue a giorni di bel tempo può favorire il distacco di valanghe perché la neve fresca a volte non trova un substrato idoneo su cui aderire saldamente.

Per quanto riguarda le caratteristiche della zona di accumulo, dai 1072 casi esaminati è emerso che le forme di deposito più frequenti sono quelle a cono semplice (28,82%), irregolare (30%) e a tronco di cono (16,88%). L'aspetto della neve è noto per 1050 depositi ed è risultato molto vario. Il 26,66% degli accumuli presenta neve mista a corpi estranei che la valanga ha raccolto nel suo percorso verso valle, il 25,14% dei depositi pur presentando alcune differenze nell'aspetto è costituito da neve molto umida e, nel 14% degli accumuli, la neve, al momento dell'osservazione, è parzialmente fusa. Attraverso l'osservazione di 469 depositi si è visto che nel 72,92% dei casi noti la durata media degli accumuli varia da 2 a 4 mesi.

Nel loro percorso le valanghe hanno causato danni più o meno gravi che sono noti per 520 casi. Il 60% dei danni causati da valanghe ha interessato i boschi da soli o associati a manufatti umani e nel 3% dei casi sono segnalati morti, feriti o dispersi. Per fare diminuire i pericoli e i danni derivati dalla caduta di valanghe occorre incrementare notevolmente il numero delle opere di difesa, ma occorre anche rispettare maggiormente i boschi che sovente vengono distrutti non da calamità naturali, ma dall'uomo per interessi speculativi. Il bosco infatti oltre ad avere una funzione ecologica importante in ogni stagione dell'anno, costituisce una barriera naturale che attenua in parte l'azione devastatrice delle valanghe. Le opere di difesa purtroppo sono state collocate solo per 270 valanghe pari al 23,73% dei casi osservati. Sono numerose le difficoltà che il personale del

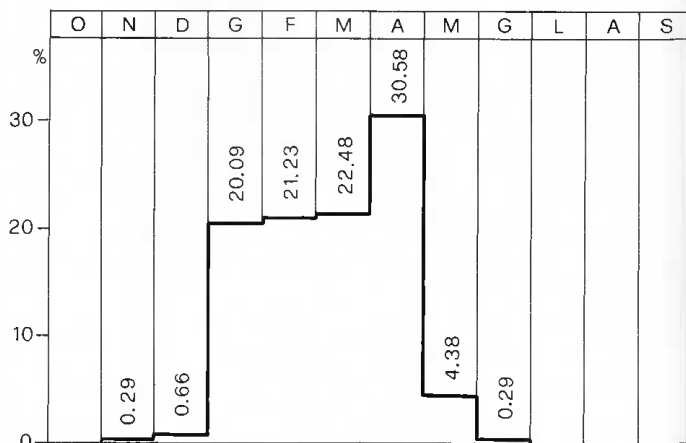


Fig. 1 - Regime mensile di caduta delle valanghe in Lombardia

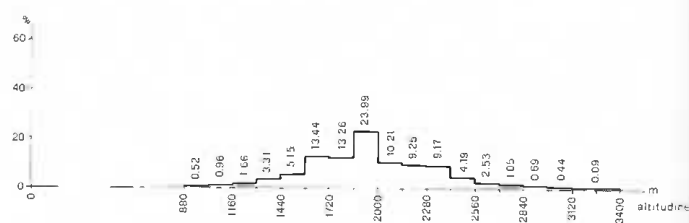
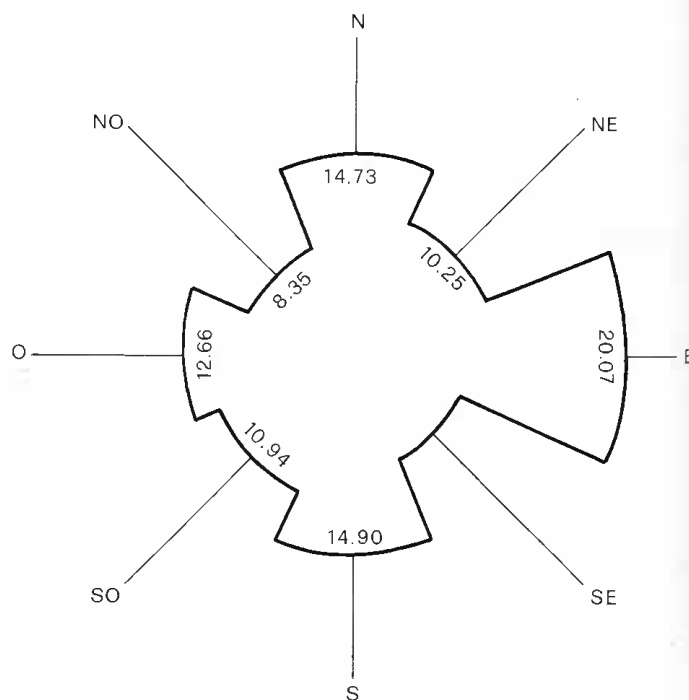


Fig. 2 - Istogramma dell'altitudine della zona di distacco

Fig. 3 - Istogramma circolare dell'esposizione della zona di distacco



Corpo Forestale deve affrontare per la messa in opera di tali strutture; infatti, i luoghi di collocazione delle opere di difesa sono molto impervi, il periodo stagionale in cui è possibile lavorare è breve e il costo delle opere di difesa è notevole. Ultimamente, per ovviare in parte a questi problemi, il Corpo Forestale si è orientato verso la costruzione e la utilizzazione di paravalanghe prefabbricati in materiali economici e nello stesso tempo adatti allo scopo.

Analisi dei parametri matematici

I dati forniti dall'Ispettorato Regionale delle Foreste di Milano hanno permesso anche di conoscere una serie di parametri, riguardanti le valanghe e la loro modalità di caduta, di cui è stato possibile studiare la variazione mediante la costruzione di istogrammi. I parametri, il cui andamento è risultato abbastanza interessante, sono: il

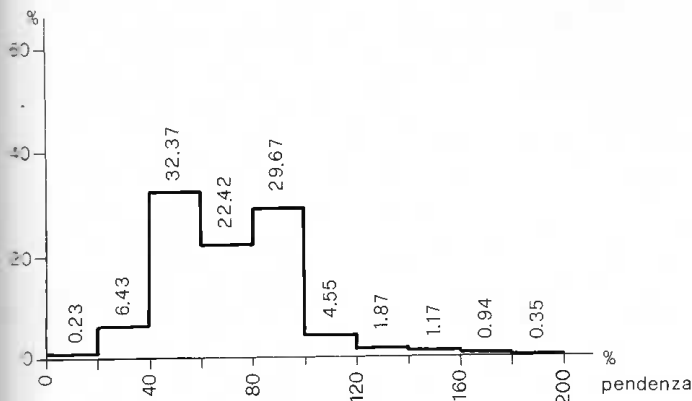


Fig. 4 - Istogramma della pendenza della zona di distacco

mese di caduta; l'altitudine, l'esposizione, la pendenza, la larghezza, la lunghezza, lo spessore interessato alla formazione di valanghe, lo spessore totale del manto nevoso e il volume della zona di distacco; il dislivello superato dalle valanghe; l'altitudine, lo spessore, la lunghezza, la superficie e il volume della zona di accumulo.

Il mese in cui è avvenuto il distacco è noto per 1050 valanghe e il regime mensile di caduta di queste è raffigurato nell'istogramma della fig. n. 1. Dal grafico si nota che il mese in cui si ha il distacco del maggior numero di valanghe è aprile con 321, segue marzo con 236, febbraio con 223, gennaio con 211, maggio con 46, dicembre con 7, giugno e novembre con 3 valanghe. I risultati sono in parte spiegati dal fenomeno del disgelo che interessa un po' tutto l'Arco Alpino durante il periodo primaverile.

L'andamento delle 1146 altitudini di distacco note è rappresentato dall'istogramma della figura n. 2. L'altitudine di caduta minima è di 900 m ed è stata osservata in provincia di Brescia mentre l'altitudine massima di 3300 m appartiene ad una zona di distacco della provincia di Sondrio. Sicuramente vi sono stati e vi sono distacchi di valanghe anche al di sopra del limite massimo osservato, ma poiché si tratta di zone impervie non frequentate abitualmente dall'uomo, l'osservazione diretta dei fenomeni valanghivi è molto improbabile. Come si vede dal grafico della fig. n. 2 la moda è compresa fra 1860 e 2000 m e rappresenta il 23,99% delle altitudini note; l'altitudine media calcolata è risultata di 1961 m. Anche se le valanghe considerate sono 1146, le esposizioni dei versanti di caduta note sono 1161 in quanto alcune valanghe si sono staccate contemporaneamente dalla stessa quota ma su versanti a diversa esposizione. L'istogramma circolare della figura n. 3 mostra la distribuzione seguita dalle esposizioni note e indica che il versante più favorevole alla caduta di valanghe è Est con il 20,07%, seguono Sud con il 14,9%, Nord con il 14,73%, Ovest con il 12,66%, Sud-Ovest con il 10,94% Nord-Est con il 10,25%, Nord-Ovest con l'8,35% e Sud-Est con l'8,1% degli eventi considerati. I versanti a componente Nord sono risultati favorevoli al distacco di valanghe nel 49,69% dei casi, mentre quelli a componente Sud nel 50,31% dei casi. Anche se le precipitazioni sull'Arco Alpino sono più abbondanti sui versanti a componente Sud, sembra che ciò non favorisca in modo particolare la caduta di valanghe. Sono note le pendenze di 963 zone di distacco, ma per 107 zone si sa solamente che la pendenza è superiore al 100%, ma non si conosce il valore preciso. Quindi per la rappresentazione dell'istogramma della figura n. 4 sono considerate solo le 856 pendenze con valore noto. Le classi di maggior frequenza risultano due e precisamente quella compresa fra pendenze del 40% e 60% e quella compresa fra pendenze dell'80% e 100%. La pendenza minima rilevata del 14% appartiene ad un versante di caduta della provincia di Bergamo mentre la pendenza massima del 200% appartiene ad un versante della provin-

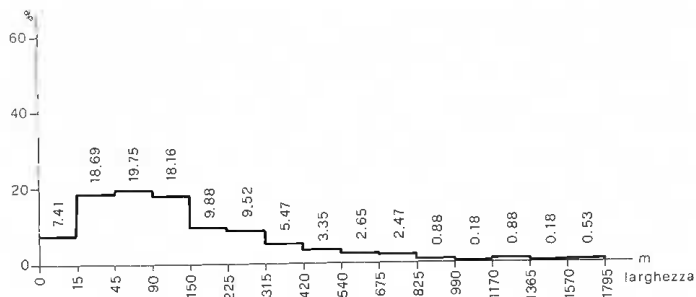
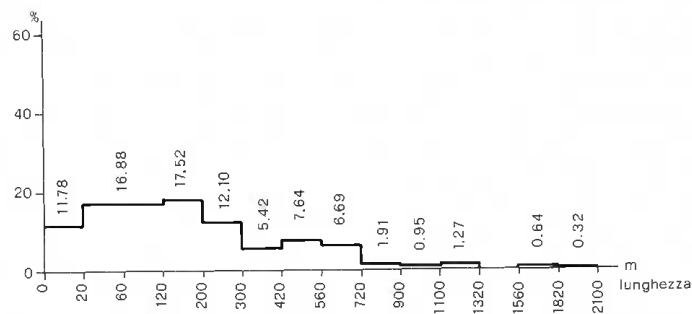


Fig. 5 - Istogramma della larghezza della zona di distacco

Fig. 6 - Istogramma della lunghezza della zona di distacco



cia di Como, la pendenza media calcolata è risultata del 74,5%.

La larghezza della zona di distacco è nota per 567 valanghe e la sua distribuzione è rappresentata dall'istogramma della figura n. 5. La larghezza minima di 1 m appartiene ad una zona di distacco nella provincia di Bergamo, mentre quella massima di 1750 m si riferisce ad un distacco della provincia di Sondrio. La larghezza media calcolata è risultata di 188 m e la moda che rappresenta il 19,75% degli eventi presi in considerazione è compresa fra 49 e 90 m.

Le lunghezze della zona di distacco note sono 314 e la loro distribuzione è rappresentata dall'istogramma della figura n. 6. La lunghezza minima di 4 m, appartiene ad un distacco della provincia di Como mentre quella massima di 2000 m appartiene ad una zona di distacco della provincia di Bergamo. La lunghezza media è risultata di 245 m e la moda che è compresa fra 120 e 200 m rappresenta il 17,52% delle lunghezze note.

Gli spessori di neve interessati al distacco noti sono 789 e la loro distribuzione è rappresentata dall'istogramma della figura n. 7. Lo spessore di distacco è di 15 cm e si riferisce ad una valanga caduta in provincia di Como mentre lo spessore massimo di 8 m appartiene ad un distacco della provincia di Sondrio. Lo spessore medio calcolato è risultato di 142 cm e la moda che rappresenta il 33,97% dei casi noti è compresa fra 50 e 100 cm.

Per 560 valanghe è noto lo spessore totale del manto nevoso nella zona di distacco la cui distribuzione è raffigurata nell'istogramma della figura n. 8. Lo spessore minimo di 30 cm appartiene ad una zona di distacco della provincia di Como e quello massimo di 8 m appartiene ad una zona di distacco della provincia di Sondrio. Lo spessore totale medio è risultato di 183,5 cm e la moda, compresa fra 100 e 170 cm, rappresenta il 31,79% degli spessori noti.

La distribuzione dei 257 volumi di distacco noti è rappresentata dall'istogramma della figura n. 9. Il volume di distacco minimo di 20 m³ appartiene ad una valanga caduta in provincia di Como, mentre quello massimo di 1100000 m³ appartiene ad una valanga caduta in provincia di Brescia. Il volume medio calcolato risulta di 67036 m³ e la moda, che rappresenta il 24,46% dei volumi noti è compresa 14580 e 43740 m³.

I dislivelli, cioè le differenze di quota fra l'altitudine di distacco e quella della zona di accumulo, sono noti per 751 valanghe e la loro distribuzione è raffigurata nell'isto-

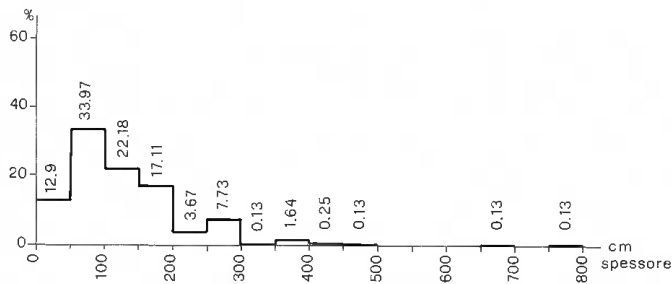


Fig. 7 - Istogramma dello spessore interessato al distacco di valanghe

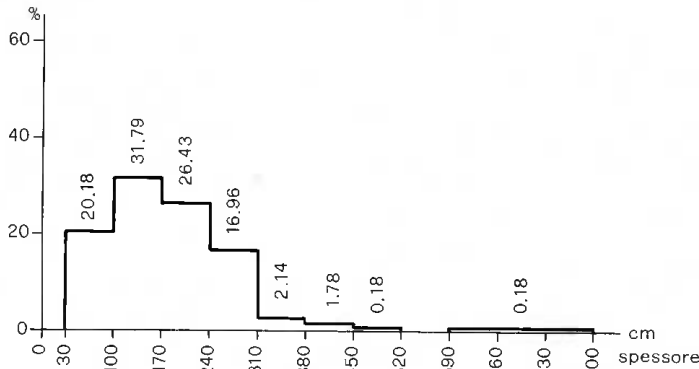


Fig. 8 - Istogramma dello spessore del manto nevoso nella zona di distacco

gramma della figura n. 10. Il dislivello minimo di 20 m è stato superato da una valanga caduta in provincia di Como e quello massimo di 1940 m invece si riferisce ad una valanga caduta in provincia di Sondrio. Il dislivello medio calcolato è risultato di 634 m e la moda che rappresenta il 23,16% dei casi è compresa fra 400 e 600 m.

L'altitudine della zona di accumulo è nota per 781 valanghe e la sua distribuzione è raffigurata nell'istogramma della figura n. 11. L'altitudine minima di accumulo di 490 m è stata misurata in provincia di Brescia, mentre quella massima di 2500 m è stata misurata in provincia di Sondrio. L'altitudine media calcolata è risultata di 1361 m e la moda che è compresa fra 1200 e 1400 m rappresenta il 28,42% delle altitudini di accumulo note.

Lo spessore del manto nevoso nella zona di accumulo è noto in 593 casi e la sua distribuzione è rappresentata dall'istogramma della figura n. 12. Lo spessore minimo di 60 cm appartiene ad un deposito della provincia di Como mentre lo spessore massimo di 30 m appartiene ad un deposito della provincia di Sondrio. Lo spessore medio calcolato è risultato di 565 cm e la moda che rappresenta il 33,05% degli spessori noti è compresa fra 2 e 4 m.

La lunghezza della zona di accumulo è nota per 980 valanghe e la sua distribuzione è rappresentata dall'istogramma della figura n. 13. La lunghezza minima di 10 m è stata rilevata in un deposito delle province di Como, Brescia e Sondrio mentre la massima di 2500 m appartiene ad un deposito della provincia di Bergamo. La lunghezza media è risultata di 187,5 e la moda che rappresenta il 27,96% delle lunghezze note è compresa fra 90 e 150 m.

La larghezza della zona di accumulo è nota per 991 valanghe e la sua distribuzione è rappresentata dall'istogramma della figura n. 14. La larghezza minima di 3 m appartiene ad un deposito della provincia di Brescia, mentre quella massima di 2000 m appartiene ad un deposito della provincia di Como. La larghezza media è risultata pari a 75,5 m e la moda che rappresenta il 36,7% delle larghezze note è compresa fra 15 e 45 m. La superficie della zona di accumulo è nota per 395 valanghe e la sua distribuzione è rappresentata dalla figura n. 15. La superficie minima di 60 m² appartiene ad un deposito della provincia di Como e quella massima di 200000 m² ad un deposito della provincia di Sondrio. La superficie media calcolata è

risultata di 13369 m² e la moda che è compresa fra 7695 e 23065 m² rappresenta il 33,67% delle superfici note.

Il volume della zona di accumulo è noto per 397 valanghe e la sua distribuzione è raffigurata nell'istogramma della figura n. 16. Il volume minimo di 120 m³ appartiene ad un deposito della provincia di Como e quello massimo di 1300000 m³ appartiene ad un accumulo della provincia di Sondrio. Il volume medio è risultato di 72422 m³ e la moda che rappresenta il 24,43% dei volumi noti è compresa fra 16200 e 48600 m³.

Confrontando i 397 volumi di deposito con i rispettivi volumi di distacco si è visto, che nel 63,89% dei casi si è avuto un aumento del volume di accumulo rispetto a quello di distacco, nel 28,97% dei casi si è avuta invece una diminuzione del volume di accumulo rispetto a quello di distacco e nel 7,14% dei casi osservati il volume di accumulo è rimasto invariato rispetto a quello di distacco. In generale si può dire che la riduzione del volume di accumulo rispetto al volume di distacco è dovuta soprattutto alla perdita di una quantità più o meno abbondante di neve durante la discesa della valanga per l'esistenza sul percorso di opere paravalanghe frenatrici o deviatrici. Anche la conformazione del terreno su cui scorre la valanga e l'esistenza di boschi di conifere come abeti e pini, particolarmente adatti a trattenere le pericolose masse nevose, influiscono sulle dimensioni del deposito. Al contrario un accumulo di dimensioni più grandi rispetto al distacco ci dice che la valanga si è staccata con molta energia e che non ha trovato sul suo tragitto ostacoli validi ma solo strutture e vegetazione incapaci di resistere alla sua forza devastatrice, che contribuiscono a costituire il carico di detriti che la valanga trascina a valle fino alla zona di accumulo.

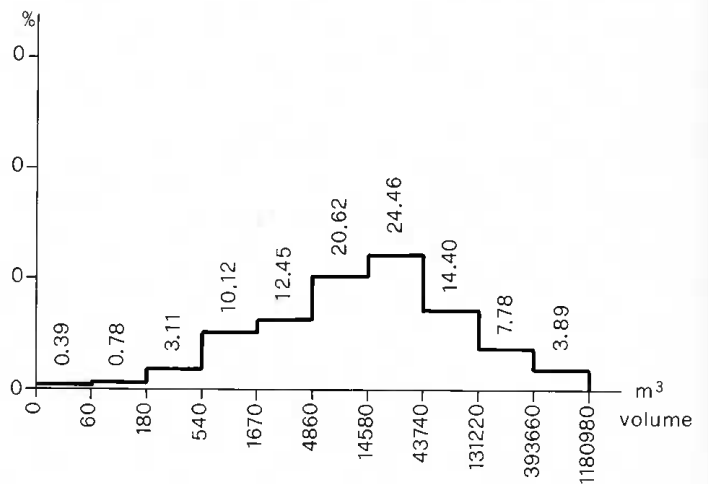
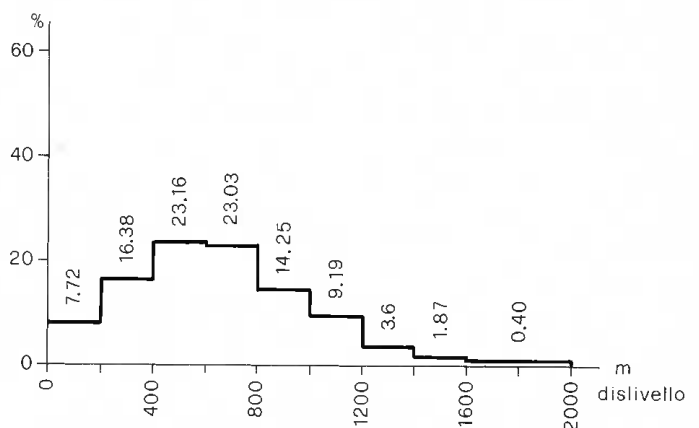


Fig. 9 - Istogramma del volume della zona di distacco

Fig. 10 - Istogramma del dislivello superato dalle valanghe



Relazioni esistenti fra i parametri noti presi a due a due

Dopo aver preso in considerazione i parametri singolarmente, si è cercato attraverso l'esame dei parametri presi a due a due di scoprire se vi sono relazioni o dipendenze fra i parametri stessi e di mettere in risalto quelle che sono le condizioni preferenziali di caduta delle valanghe. In particolare sono risultate interessanti le relazioni esistenti fra pendenza e spessore della neve nella zona di distacco, altitudine e spessore della neve nella zona di distacco, lunghezza e larghezza nella zona di distacco, lunghezza e volume della zona di distacco, larghezza e volume della zona di distacco, altitudine della zona di distacco e dislivello superato dalle valanghe, volume della zona di distacco e volume della zona di accumulo.

Il diagramma della figura n. 17 mostra la relazione esistente fra pendenza e spessore del manto nevoso nella zona di distacco e indica una grossa concentrazione di eventi, l'81,69% del totale, per spessori compresi fra 30 e 360 cm e pendenze comprese fra 24 e 104%. Al di fuori di questi limiti il numero di valanghe diminuisce considerevolmente. Le frequenze più alte di eventi si hanno per pendenze comprese fra 94 e 104% se gli spessori sono inferiori a 180 cm e per pendenze comprese fra 44 e 54% se gli spessori sono superiori a 180 cm. Questi risultati sembrano avvalorare l'ipotesi che pendenze elevate possano causare con più facilità la caduta di valanghe per spessori poco alti; al contrario per spessori alti si ha più facilmente la caduta di valanghe su versanti con pendenze medie. Inoltre dal diagramma si nota che non ci sono valanghe per spessori e pendenze contemporaneamente alti, gli spessori piccoli determinano la caduta di valanghe sia per pendenze alte che per pen-

denze basse, mentre per spessori superiori a 300 cm non si ha la caduta di valanghe per pendenze superiori al 104%.

La variazione dello spessore del manto nevoso in relazione all'aumentare dell'altitudine di distacco è rappresentata dal diagramma della figura n. 18. Al crescere dell'altitudine, fino a valori di 2440 m, cresce anche lo spessore del manto nevoso nelle zone soggette a caduta di valanghe, per valori più elevati di altitudine si ha una brusca caduta dei valori dello spessore del manto nevoso. Ciò è dovuto a un fattore essenzialmente climatico, infatti al di sopra dei 2400 m si ha una diminuzione delle precipitazioni nevose. Il 60% degli eventi considerati è compreso fra altitudini di 1340 e 2270 m e spessori di 90 e 210 cm, il numero massimo di eventi si ha per altitudini comprese fra 2000 e 2110 m e spessori compresi fra 180 e 210 cm.

Il diagramma della figura n. 19 mostra la relazione esistente fra la lunghezza e la larghezza della zona di distacco che è stato possibile evidenziare solamente utilizzando dati molto omogenei fra loro. Infatti i dati utilizzati si riferi-

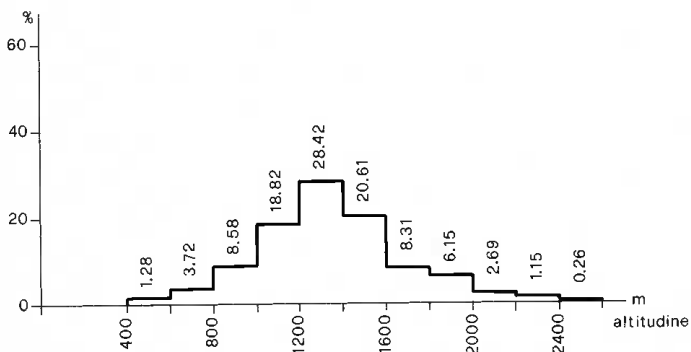


Fig. 11 - Istogramma dell'altitudine della zona di accumulo

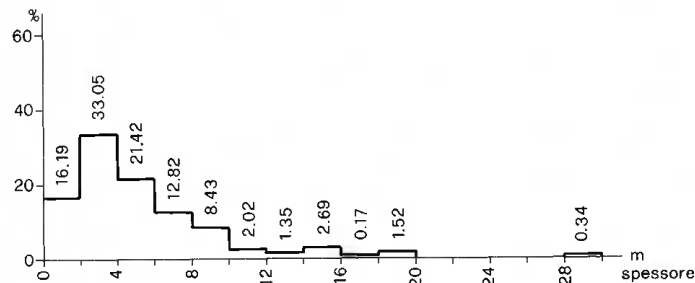


Fig. 12 - Istogramma dello spessore del manto nevoso nella zona di accumulo

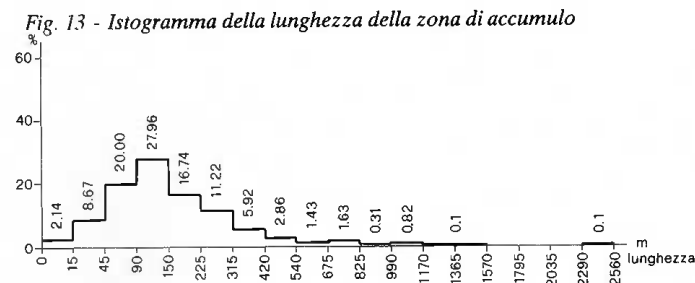


Fig. 13 - Istogramma della lunghezza della zona di accumulo

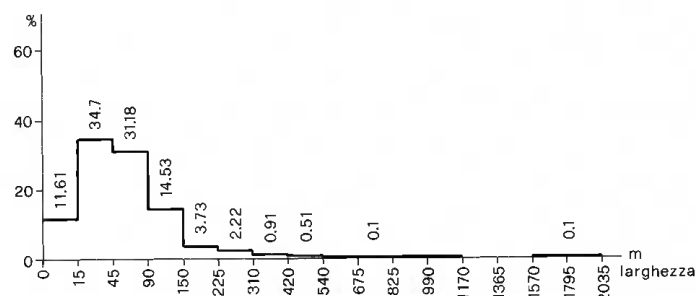


Fig. 14 - Istogramma della larghezza della zona di accumulo

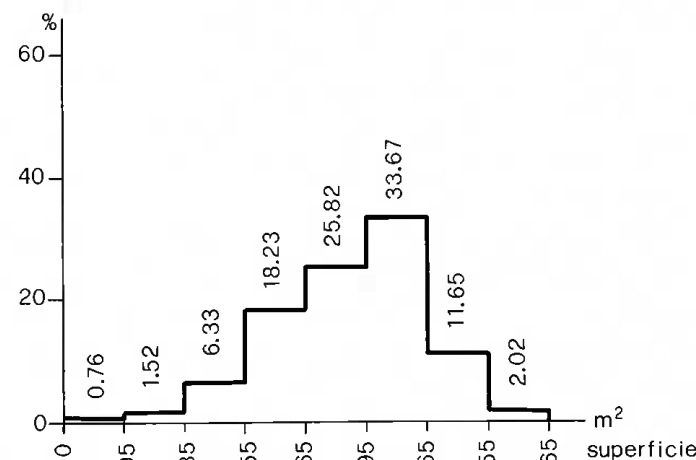
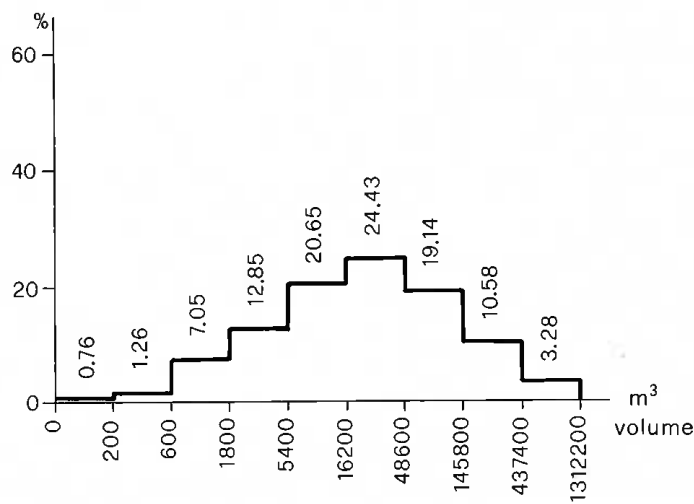


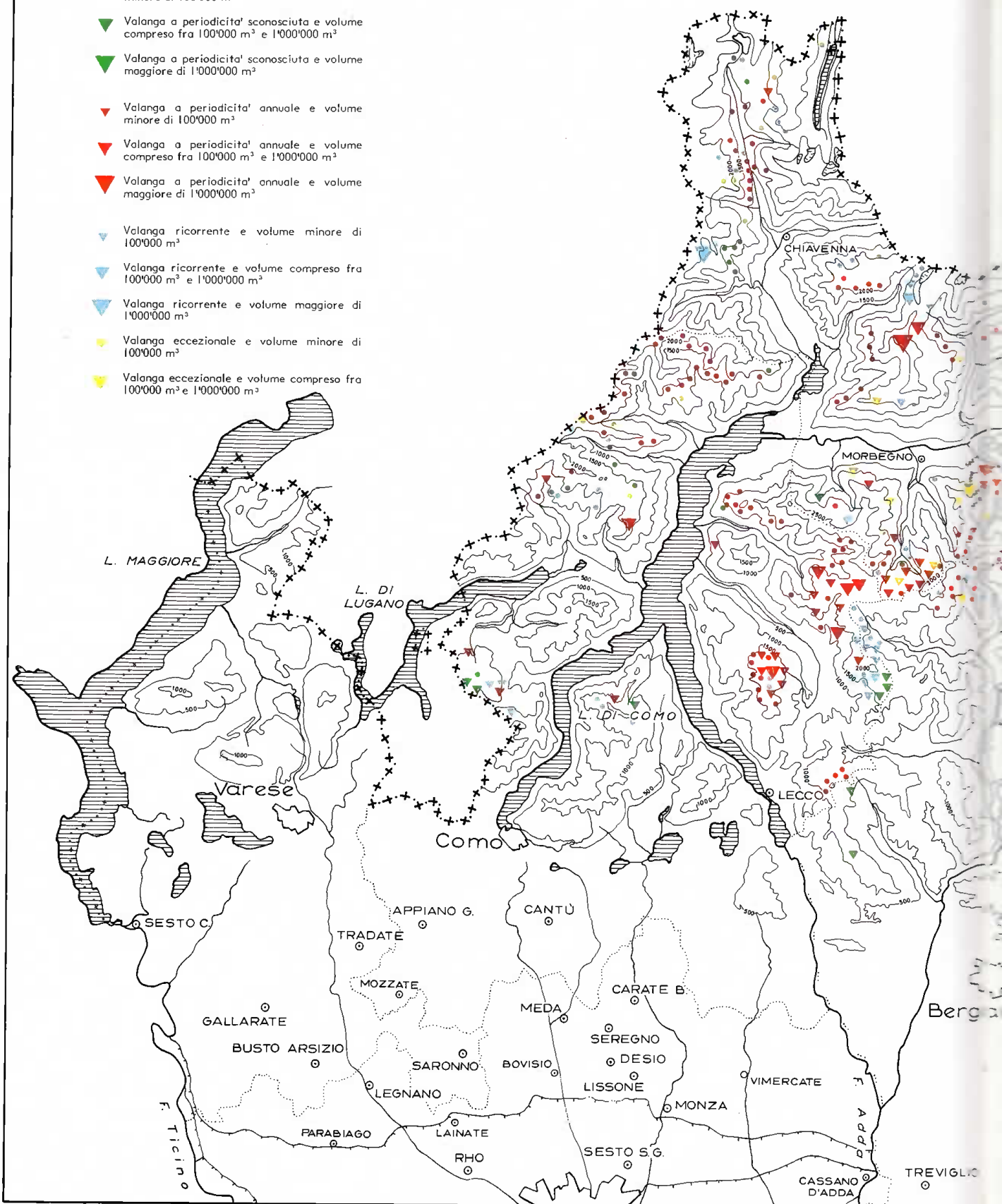
Fig. 15 - Istogramma della superficie della zona di accumulo

Fig. 16 - Istogramma del volume della zona di accumulo

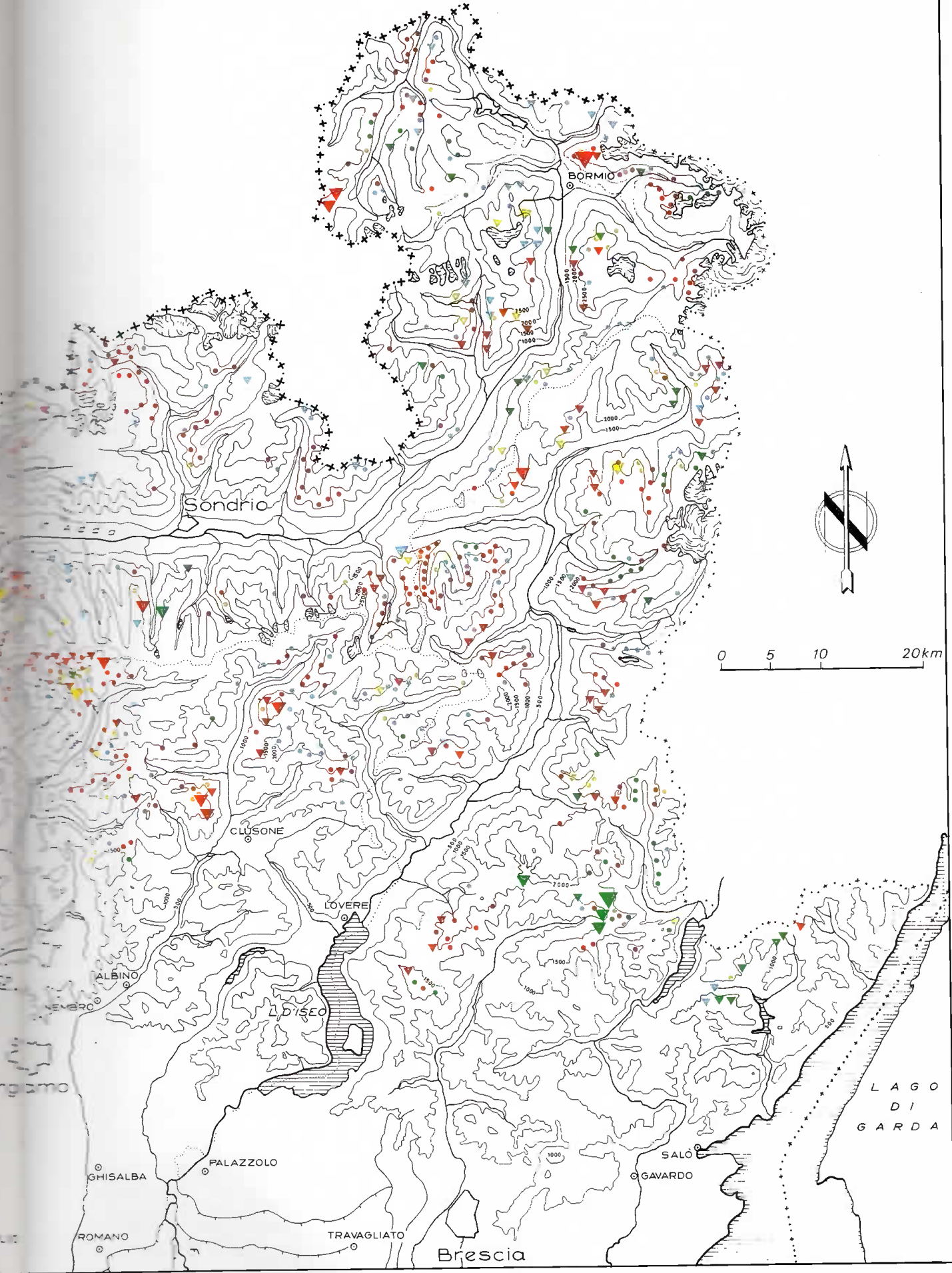


CARTA DELLE VALANGHE

- Valanga a periodicità e volume sconosciuti
- Valanga annuale e volume sconosciuto
- Valanga ricorrente e volume sconosciuto
- Valanga eccezionale e volume sconosciuto
- ▼ Valanga a periodicità sconosciuta e volume minore di 100'000 m³
- ▼ Valanga a periodicità sconosciuta e volume compreso fra 100'000 m³ e 1'000'000 m³
- ▼ Valanga a periodicità sconosciuta e volume maggiore di 1'000'000 m³
- ▼ Valanga a periodicità annuale e volume minore di 100'000 m³
- ▼ Valanga a periodicità annuale e volume compreso fra 100'000 m³ e 1'000'000 m³
- ▼ Valanga a periodicità annuale e volume maggiore di 1'000'000 m³
- ▼ Valanga ricorrente e volume minore di 100'000 m³
- ▼ Valanga ricorrente e volume compreso fra 100'000 m³ e 1'000'000 m³
- ▼ Valanga ricorrente e volume maggiore di 1'000'000 m³
- Valanga eccezionale e volume minore di 100'000 m³
- Valanga eccezionale e volume compreso fra 100'000 m³ e 1'000'000 m³



DELLA REGIONE LOMBARDA



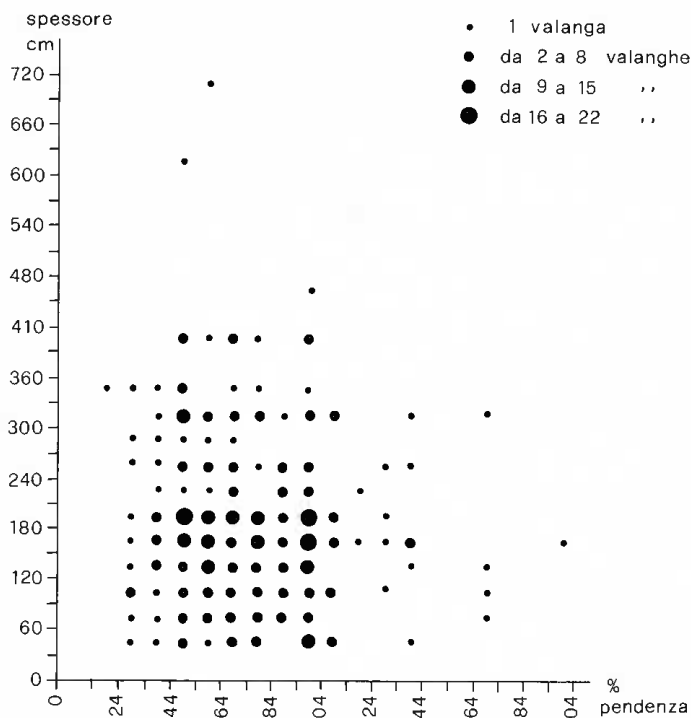


Fig. 17 - Relazione fra pendenza e spessore del manto nevoso della zona di distacco

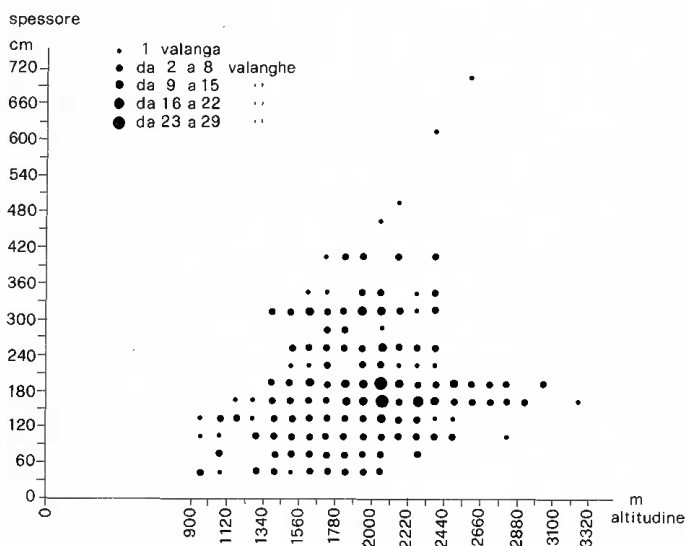
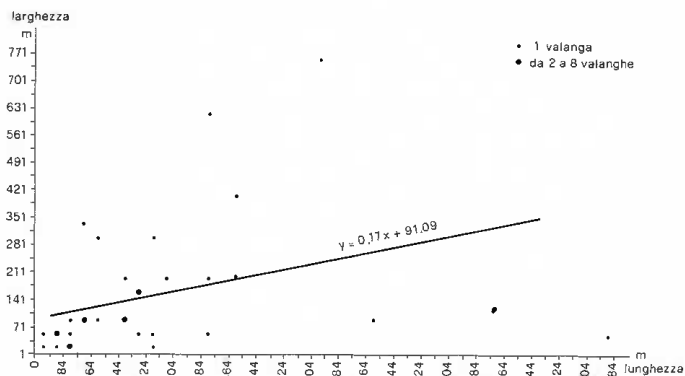


Fig. 18 - Relazione fra altitudine e spessore del manto nevoso della zona di distacco

Fig. 19 - Relazione fra lunghezza e larghezza della zona di distacco di valanghe a colata incoerente con pendenza compresa fra 44% e 54%



scono a valanghe a colata incoerente che si sono staccate da aree di versanti con pendenza compresa fra 44 e 54%. Da tale diagramma si nota che all'aumentare della lunghezza corrisponde un aumento della larghezza del distacco. La variazione congiunta delle due variabili ha un'influenza

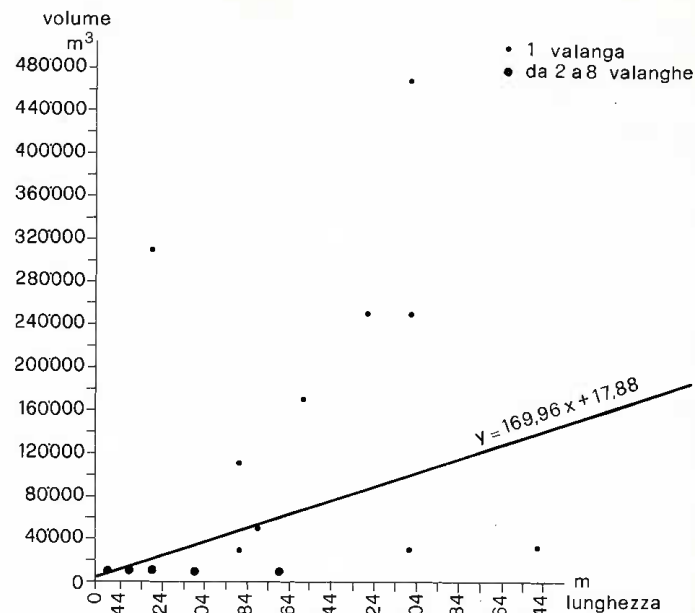


Fig. 20 - Relazione fra lunghezza e volume della zona di distacco di valanghe a colata incoerente con pendenza compresa fra 44% e 54%

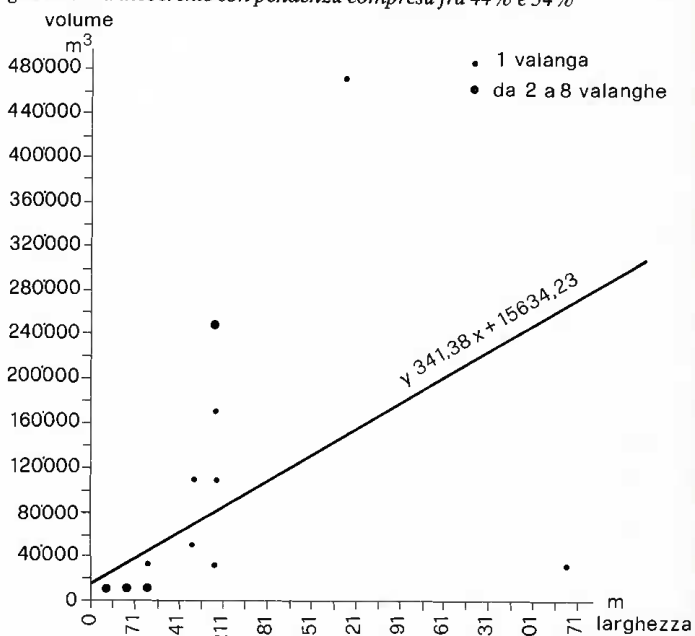


Fig. 21 - Relazione fra larghezza e volume della zona di distacco di valanghe a colata incoerente con pendenza compresa fra 44% e 54%

pari all'11,9% sulla variazione totale delle due variabili. La retta interpolata dai dati del diagramma della figura n. 19 che rappresenta la correlazione esistente fra le due variabili è $y = 0,17x + 91,09$.

L'utilizzazione di dati di valanghe con caratteristiche eterogenee non mette in evidenza nessuna particolare relazione fra la lunghezza e il volume della zona di distacco. Per visualizzare la relazione esistente fra le due variabili considerate si utilizzano i dati riguardanti valanghe a colata incoerente cadute su versanti a pendenza nota compresa fra 44 e 54%. Il diagramma della figura n. 20 così ottenuto mostra che le variazioni del volume di distacco sono direttamente proporzionali alle variazioni delle lunghezze di distacco. La variazione congiunta influisce per il 28% sulla variazione totale delle due variabili e la retta interpolata dai dati del diagramma della figura n. 20 è $y = 169,96x + 17,88$. Considerando gli stessi dati utilizzati per la costruzione del diagramma della figura n. 21 che mette in risalto la diretta proporzionalità delle variazioni del volume di distacco rispetto alle variazioni della larghezza di distacco, la variazione congiunta delle due variabili considerate è del 22% e la retta interpolata dai dati del diagramma della figura n. 21 è $y = 341,38x + 15634,23$.

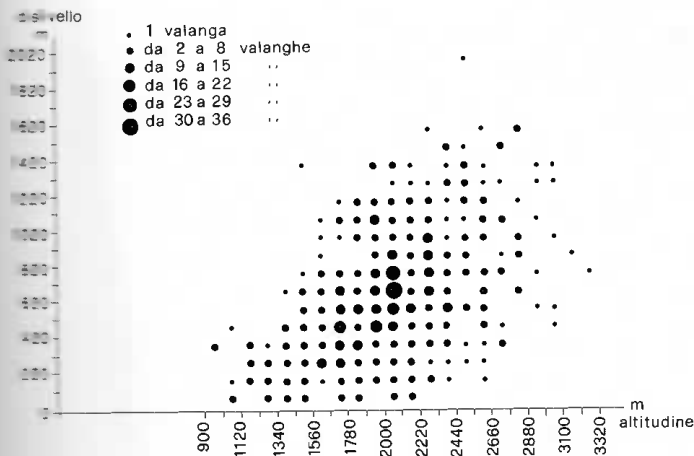


Fig. 22 - Relazione fra altitudine della zona di distacco e dislivello superato dalle valanghe

Il diagramma della figura n. 22 mostra la relazione esistente fra l'altitudine della zona di distacco e il dislivello superato dalle valanghe per raggiungere la zona di accumulo. All'aumentare dell'altitudine anche i dislivelli superati dalle valanghe crescono e le classi di maggior frequenza tendono ad essere comprese fra dislivelli più alti al crescere dell'altitudine di distacco. La classe di maggior frequenza in assoluto è compresa fra altitudini di 2000 e 2110 m e dislivelli di 620 e 720 m. Per mettere maggiormente in evidenza la relazione che esiste fra i due parametri, si sono divise le valanghe considerate in scorrenti in canalone e scorrenti su pendio inclinato. I dislivelli percorsi dalle valanghe scorrenti in canalone (figura n. 23) sono generalmente più lunghi di quelli percorsi su pendio inclinato (figura n. 24). Probabilmente il fenomeno è dovuto al maggior attrito e ai maggiori ostacoli incontrati dalle valanghe scorrenti su pendio inclinato. Il canalone infatti è una via preferenziale tenuta sempre sgombra dalle ripetute cadute di valanghe, quindi esistono meno ostacoli che possono frenare la valanga durante la sua discesa.

Considerando le valanghe scorrenti in canalone si mette in risalto una variazione congiunta che rappresenta il 36% della variazione totale dei due parametri esaminati, il 64% della variabilità totale delle due variabili è dunque indipendente dalla correlazione esistente fra di esse. La retta interpolata dai dati del diagramma della figura n. 23 è $y = 0,49x - 286$.

Il diagramma della figura n. 25 mostra la relazione esistente fra il volume della zona di distacco e il volume della zona di accumulo, che è stata messa in evidenza utilizzando i dati omogenei di valanghe scorrenti in canalone. Al crescere dei valori del volume della zona di distacco crescono anche i valori del volume di accumulo e la classe di maggior frequenza è compresa fra volumi di distacco e di accumulo inferiori a 200000 m³. La variazione congiunta delle due variabili rappresenta il 46% della variazione totale dei due parametri. La retta interpolata dai dati del diagramma della figura n. 25 è $y = 0,59x + 24756,6$.

Conclusioni

L'esame dei parametri riguardanti le valanghe della Regione Lombardia prese in considerazione in questo lavoro, mette in evidenza innanzi tutto la complessità del fenomeno valanghivo.

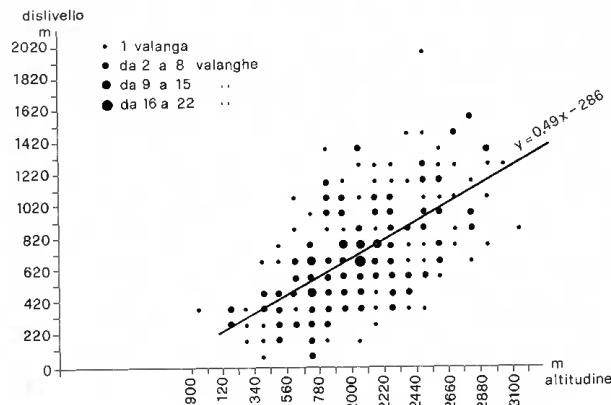


Fig. 23 - Relazione fra altitudine della zona di distacco e dislivello superato per valanghe scorrenti in canalone

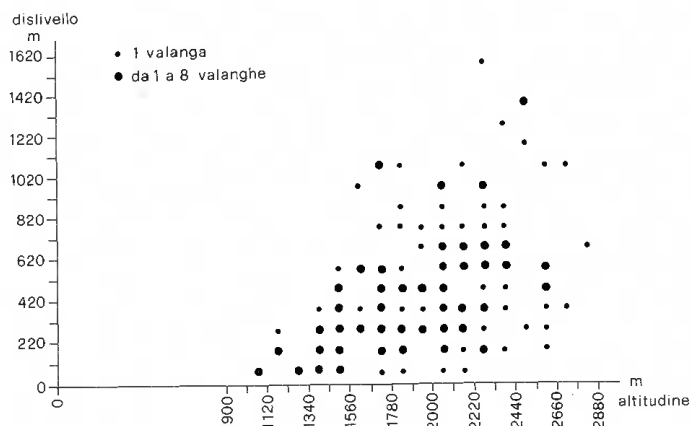
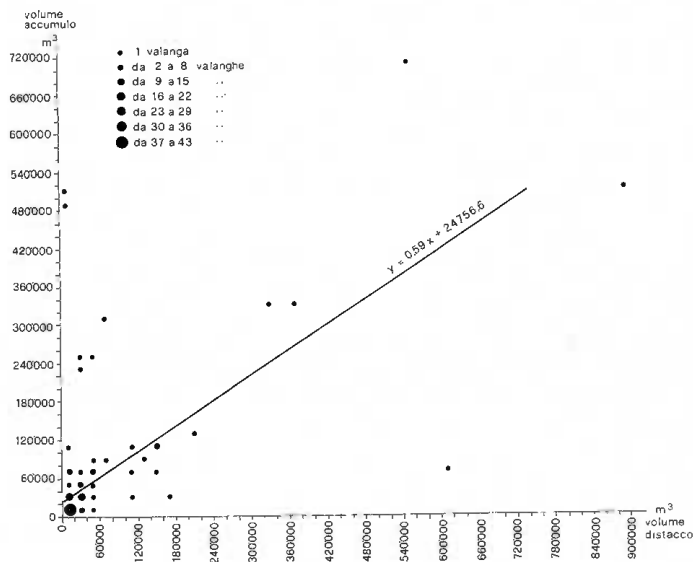


Fig. 24 - Relazione fra altitudine della zona di distacco e dislivello superato per valanghe scorrenti su piano inclinato

Fig. 25 - Relazione fra volume della zona di distacco e volume della zona di accumulo di valanghe scorrenti in canalone



Le cause che contemporaneamente concorrono alla formazione di una valanga sono molteplici e i vari fattori che determinano il distacco di una massa nevosa interagiscono fra loro in maniera diversa a seconda delle caratteristiche del manto nevoso e della zona di distacco.

Bibliografia

Agostini F.G. (1969) – Considerazioni sulle valanghe nel territorio di Livigno (Lombardia) e sulla valangosità riscontratavi nella stagione invernale-primaverile dell'anno 1968 in relazione alle condizioni meteorologiche e del manto nevoso. *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, v. 109, n. 3, pp. 259-290, 6 fig. 1 tav., 1 carta in scala 1:100000, Milano.

Assessorato all'Agricoltura, Foreste Caccia e Pesca e Ispettorato Regionale delle Foreste. (1977 a) – Carta delle valanghe della Lombardia (relazione di accompagnamento). *Pubblicazioni della Regione Lombardia*, op. di 18 p., 13 fig., 1 tav., Milano.

Assessorato dell'Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca e Ispettorato Regionale delle Foreste. (1977 b) – Catasto delle valanghe. *Pubblicazioni della Regione Lombardia*, op. di 90 p., 12 fogli in scala 1:100000, Milano.

Assessorato all'Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca e Ispettorato

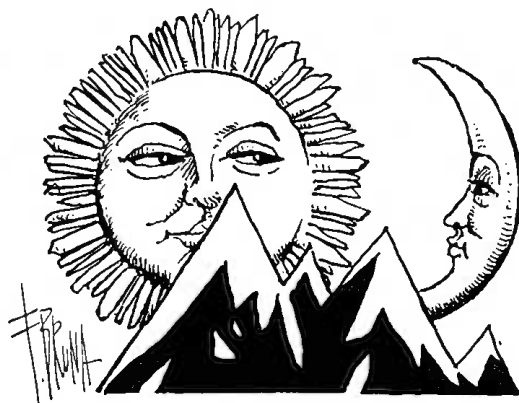
Regionale delle Foreste. (1979) – Cartografia delle valanghe delle province lombarde di Bergamo, Brescia, Como e Sondrio. *Pubblicazioni della Regione Lombardia*, op. in 4 atlanti in scala 1:25000, Milano.

Belloni S. (1972) – Valanghe. *Estratto dall'Annuario Ecologico Lombardo GRUPPO TERRA Rapporto di Avanzamento n. 2 «Frane e valanghe»*, op. di 30 p., 5 fig., 1 carta in scala 1:300000, Milano.

Capello C.F. (1977) – Bibliografia analitica sulle valanghe in Italia. *Pubblicazioni dell'Istituto di Geografia Alpina*, vol 24, pp. 154, Torino.

Comando Scuola Militare Alpina. (1966) – Monografia delle valanghe. Vol. II Le Alpi Centrali, Op. in 2 vol., 80 p., 8 carte in scala 1:100000. Aosta.

Negro M.L. e Simonetta C. (1972) – Note illustrative sulle carte generali delle valanghe delle Alpi Italiane. *Pubblicazioni dell'Istituto di Geografia Alpina*, vol. 20, fasc. I/II, pp. 62, 3 carte in scala 1:200000, Torino.



I messaggi pubblicitari presenti sui periodici del CLUB ALPINO ITALIANO: «La Rivista» (bimestrale) e «Lo Scarpone» (quindicinale), espressione di informazione e di libertà, trovano un felice abbinamento di immagine e di mercato per ogni utente che voglia inserirsi con un discorso chiaro in questa meravigliosa realtà.



**Servizio Pubblicità
del Club Alpino Italiano**

**Ing. Roberto Palin
Via Vico, 9 - 10128 TORINO
Tel. (011) 59.60.42 - 50.22.71**