



SCUOLA DI ALPINISMO E SCI-ALPINISMO
G. RIBALDONE

delle Sezioni C.A.I.

ALA DI STURA - CASELLE - CIRIÉ - LANZO - LEINI - VENARIA



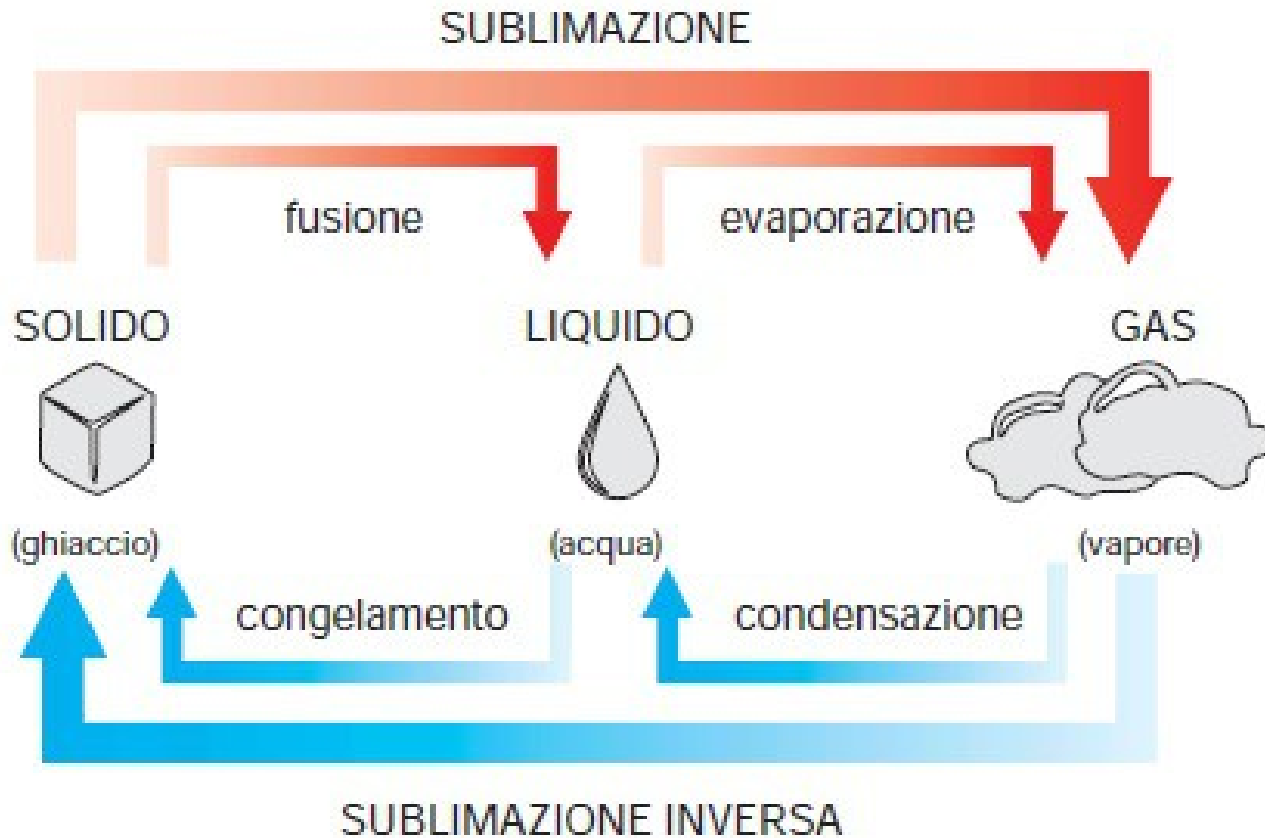
NEVE E VALANGHE

12 Febbraio 2015

Carlo Peraudo

FORMAZIONE DEL CRISTALLO DI NEVE

La **neve** è composta di **aria** e di **acqua**, e dispone di vita propria, è in continuo cambiamento.
Ricordiamo gli scambi di materia fra i 3 stati dell'acqua.

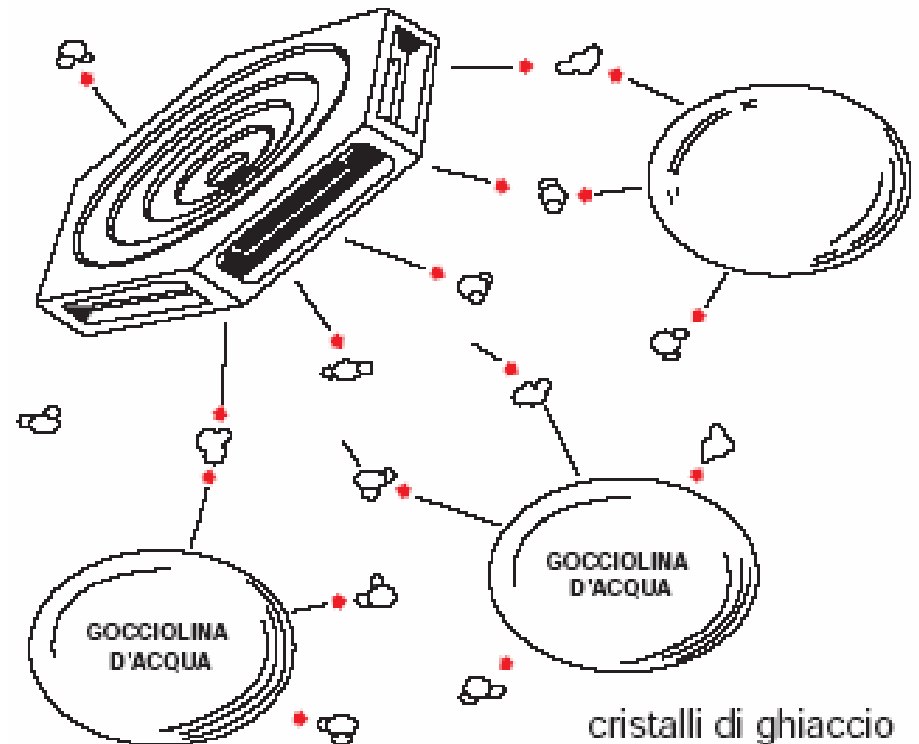


FORMAZIONE DEL CRISTALLO DI NEVE

Le più importanti riserve d'acqua (oceani, mari) producono, a causa dell'evaporazione, molto vapore acqueo che, alzandosi di quota, si condensa in goccioline d'acqua.

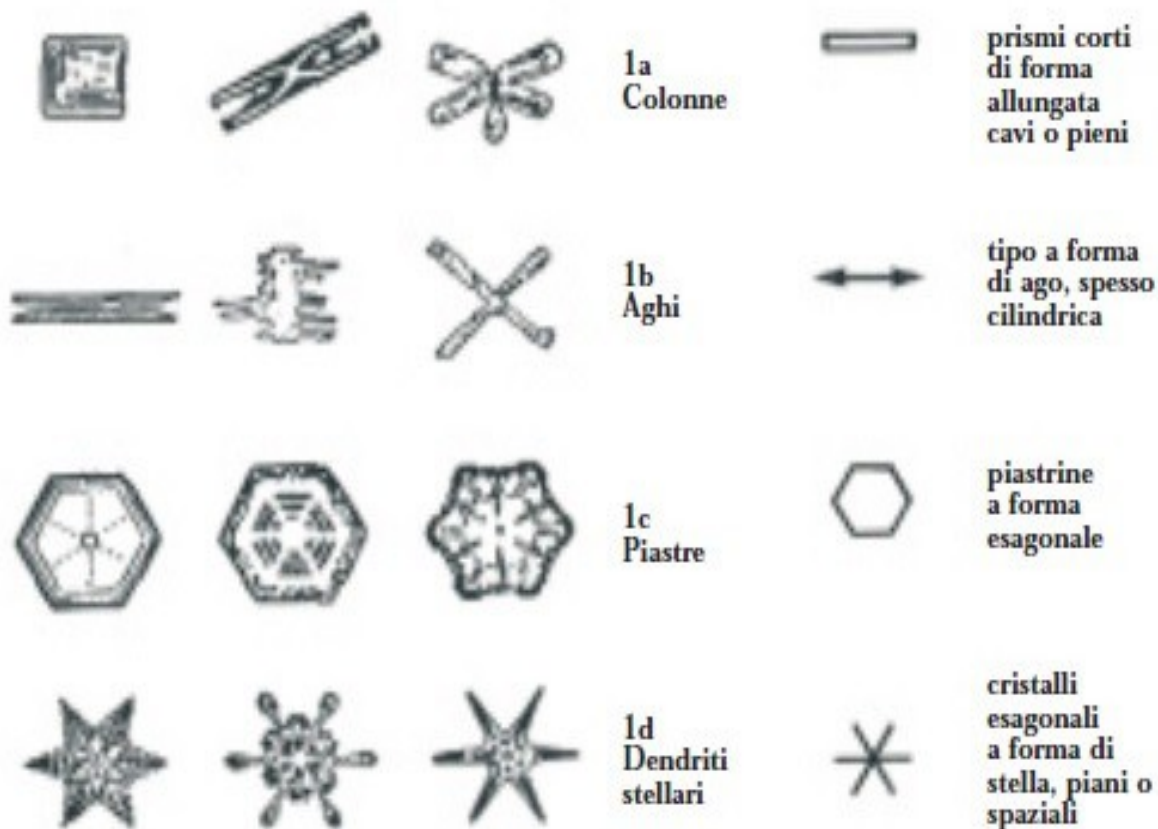
Nelle nuvole, con forte umidità, in presenza di particelle in sospensione costituite da polveri e sali si formano i **cristalli di neve**.

Le molecole d'acqua cedute dalle goccioline si depositano su queste particelle chiamate **nuclei di congelamento**.



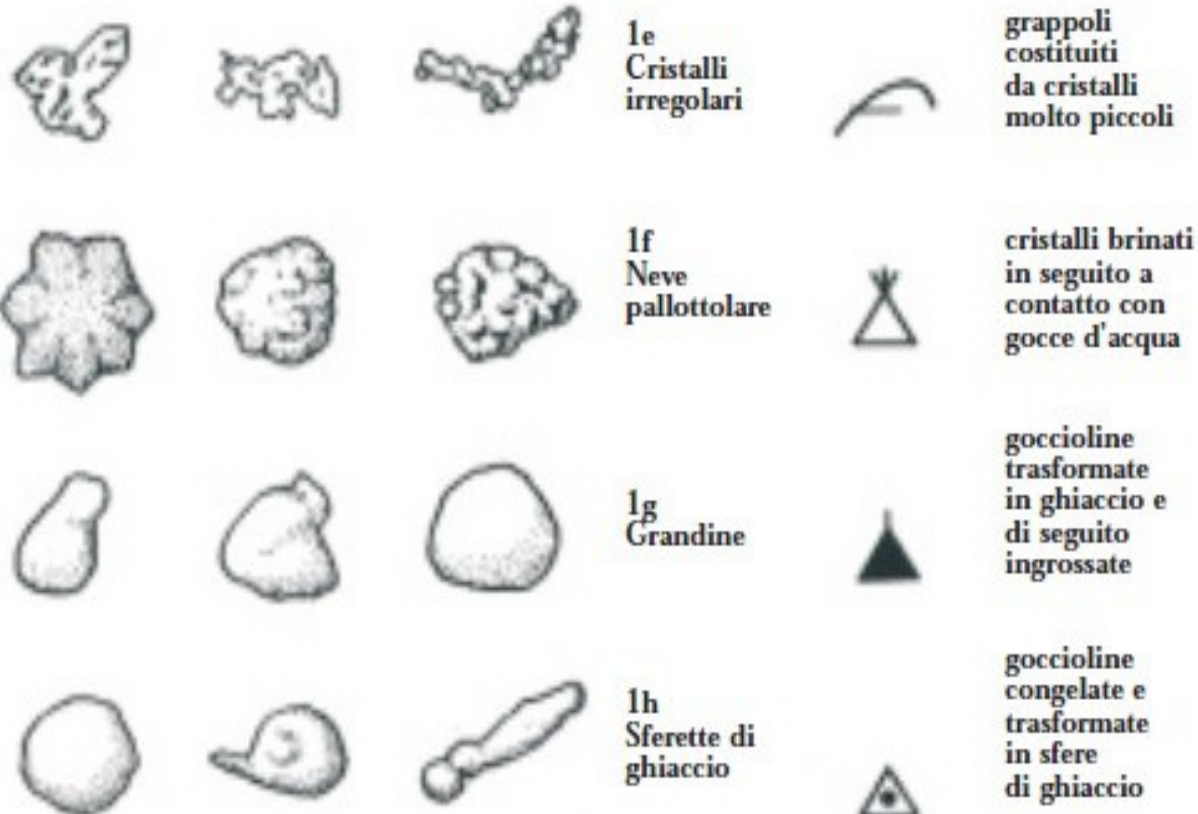
IL CRISTALLO DI NEVE SECONDO LA COMMISSIONE INTERNAZIONALE NEVE E GHIACCIO (ICSI)

Tutti i cristalli hanno la **struttura esagonale**, la forma finale dipende dalla **temperatura** e dal **grado di umidità**.



IL CRISTALLO DI NEVE SECONDO LA COMMISSIONE INTERNAZIONALE NEVE E GHIACCIO (ICSI)

Nel cristallo la crescita si sviluppa secondo il **piano di base** (lati e angoli) oppure secondo l'**asse perpendicolare al piano di base**.



IL CRISTALLO DI NEVE SECONDO LA COMMISSIONE INTERNAZIONALE NEVE E GHIACCIO (ICSI)



LA SUPERFICIE DEL MANTO NEVOSO INFLUENZATA DA:

Pressione

passaggio di persone o mezzi \Rightarrow riduzione dell'altezza fino al 20% in caso di neve fresca caduta in 1 giorno.

Temperatura dell'atmosfera

quindi il manto è soggetto all'influenza di:

- ★ **Sole** (la neve assorbe calore per effetto del soleggiamento) e **nuvole** (calore disperso dal suolo ristagna sotto le nubi e scalda neve)
- ★ **Pioggia** (aumenta il peso, imbeve gli strati)
- ★ **Nebbia** (apporta calore, riscalda la neve)
- ★ **Flusso geotermico** (calore dal centro della Terra)

LA SUPERFICIE DEL MANTO NEVOSO INFLUENZATA DA:

Vento

- Trasforma i cristalli di neve rompendone le ramificazioni e riducendoli in piccoli **grani tondi**
- Erode e trasporta la neve ⇒ crea **nuovi depositi**
- Aumenta o diminuisce la **temperatura della superficie** della neve:
 - ★ **Aria fredda e secca** ⇒ assorbe vapore acqueo ⇒ raffredda superficie
 - ★ **Aria calda e umida** ⇒ fornisce altro vapore acqueo ⇒ riscalda superficie
 - ★ **Aria calda e secca (Fohn)** ⇒ aumenta la temperatura della superficie della neve ⇒ innesca fusione

LE SUPERFICI DEL MANTO NEVOSO

- **Neve fresca**
 - Neve fresca asciutta (farinosa)
 - Neve fresca umida (pesante)
- **Neve compattata dal vento**
- **Crosta da rigelo**: apporti di calore (sole) e poi diminuzione della temperatura (di notte)
- **Neve primaverile**: il manto ha subito processi di fusione e rigelo
 - ★ Neve dura, al mattino
 - ★ Firn, cioè neve sgelata in superficie ma compatta in profondità e portante
 - ★ Neve marcia, presenza di acqua: alte temperature, pioggia, sole ⇒ riduzione della coesione fra i cristalli di neve

EVOLUZIONE DEL MANTO NEVOSO



Marco Caccia

EVOLUZIONE DEL MANTO NEVOSO

Il manto nevoso è formato da **strati di neve** prodotti dalle varie neviccate o dall'azione di trasporto del vento.

Toccato il suolo, i cristalli di neve subiscono una serie di trasformazioni e assumono il nome di **grani**.

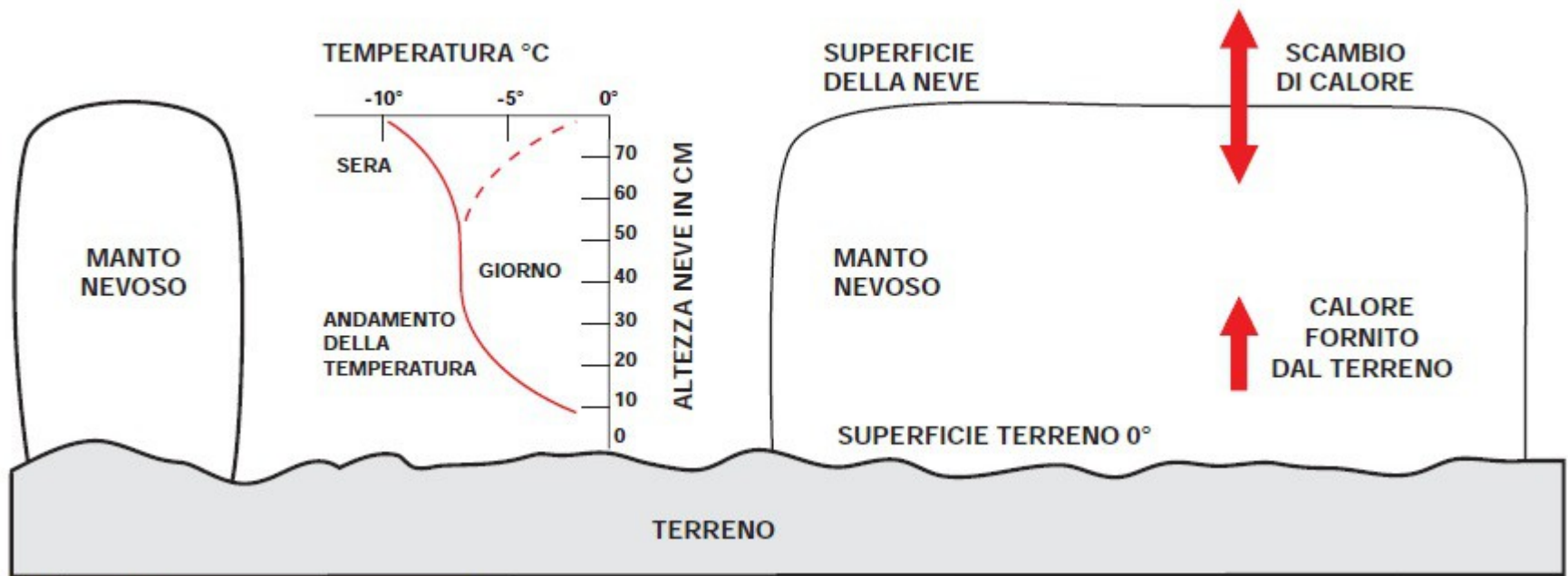
La **stabilità** del manto nevoso dipende da:

- 1) inclinazione del pendio
- 2) tipo di grani di cui sono costituiti gli strati

Trasformazioni della neve influenzate da **differenza di temperatura** tra la superficie del manto nevoso e il terreno.

EVOLUZIONE DEL MANTO NEVOSO: IL GRADIENTE DI TEMPERATURA

Il **gradiente di temperatura** è la variazione di temperatura per centimetro di spessore del manto nevoso.



EVOLUZIONE DEL MANTO NEVOSO: IL GRADIENTE DI TEMPERATURA

Debole gradiente ($GT < 0,05^{\circ}\text{C}/\text{cm}$)

temp. str. inf.: -12°C	temp. str. sup.: -14°C	$\Delta t.$: 2°C
altezza neve: 50cm	$GT = 2/50 = 0,04^{\circ}\text{C}/\text{cm}$	

Medio gradiente ($0,05^{\circ}\text{C}/\text{cm} < GT < 0,20^{\circ}\text{C}/\text{cm}$)

temp. str. inf.: -9°C	temp. str. sup.: -12°C	$\Delta t.$: 3°C
altezza neve: 30cm	$GT = 3/30 = 0,1^{\circ}\text{C}/\text{cm}$	

Forte gradiente ($GT > 0,20^{\circ}\text{C}/\text{cm}$)

temp. str. inf.: 0°C	temp. str. sup.: -9°C	$\Delta t.$: 9°C
altezza neve: 30cm	$GT = 9/30 = 0,3^{\circ}\text{C}/\text{cm}$	

TRASFORMAZIONI DELLA NEVE AL SUOLO

Scomparsa delle ramificazioni: i cristalli di neve, una volta al suolo, si trasformano perdendo le ramificazioni e gli angoli acuti.

Poi, la neve è soggetta a **metamorfismi** (passaggi da uno stato all'altro) nei quali cambia la forma dei grani ed il legame tra di loro ⇒ tutto ciò influenza la stabilità del manto nevoso.

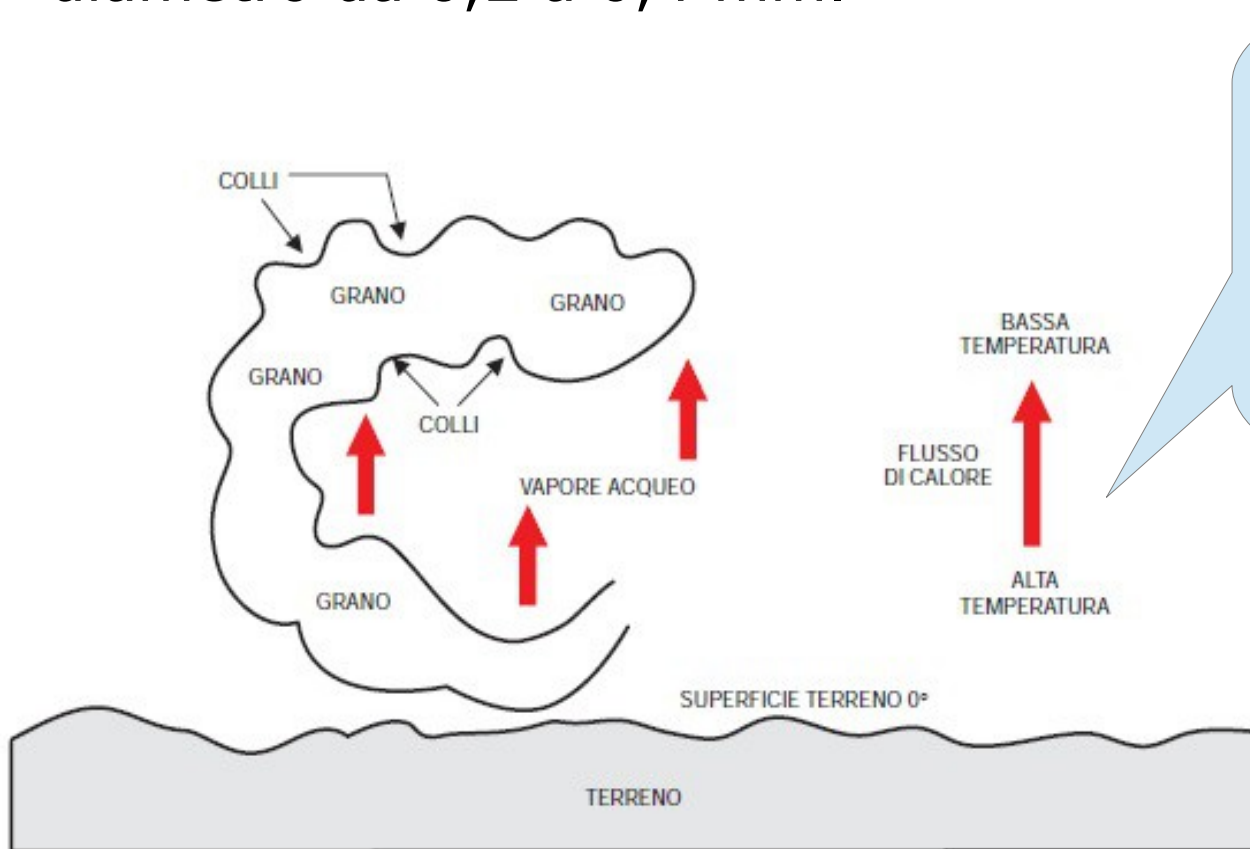
I metamorfismi dipendono dal **gradiente di temperatura.**



METAMORFISMO DELLA NEVE ASCIUTTA O SECCA

Avviene con $T < 0^\circ$ e senza acqua nello stato liquido.

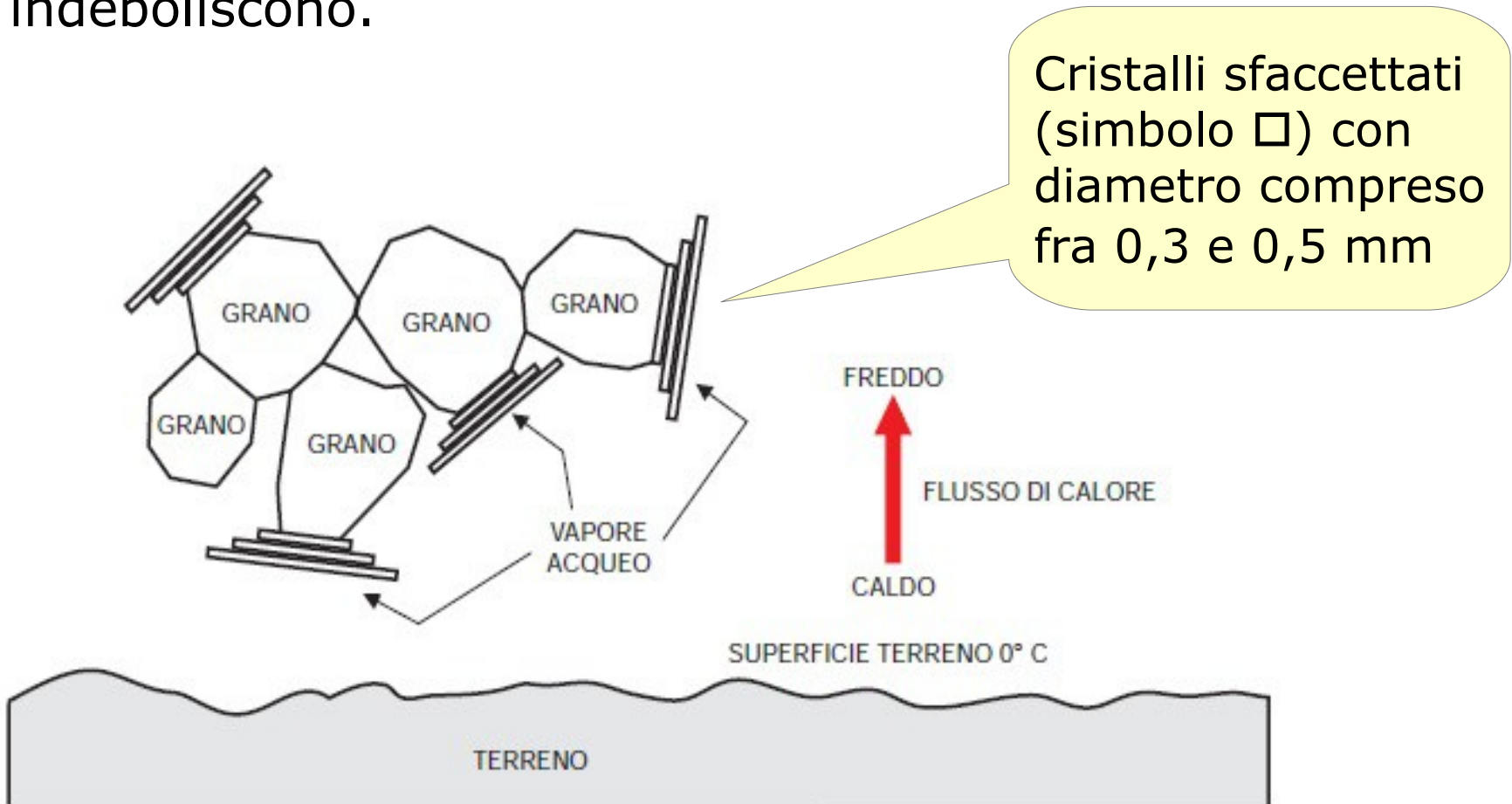
Metamorfismo da debole gradiente: $GT < 0,05^\circ\text{C}/\text{cm}$; detto metamorfismo **distruttivo** perché produce **grani arrotondati** (simbolo •) di piccole dimensioni con diametro da 0,2 a 0,4 mm.



Le trasformazione rafforza la struttura del ghiaccio con legami più solidi.

METAMORFISMO DELLA NEVE ASCIUTTA O SECCA

Metamorfismo da medio gradiente: $0,05^{\circ}\text{C}/\text{cm} < \text{GT} < 0,2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$; detto metamorfismo **costruttivo** perché i grani si allargano (angolosi con facce piane) mentre i legami si indeboliscono.



METAMORFISMO DELLA NEVE ASCIUTTA O SECCA

Il **metamorfismo da medio gradiente** (**costruttivo**), con presenti i grani sfaccettati, si osserva soprattutto:

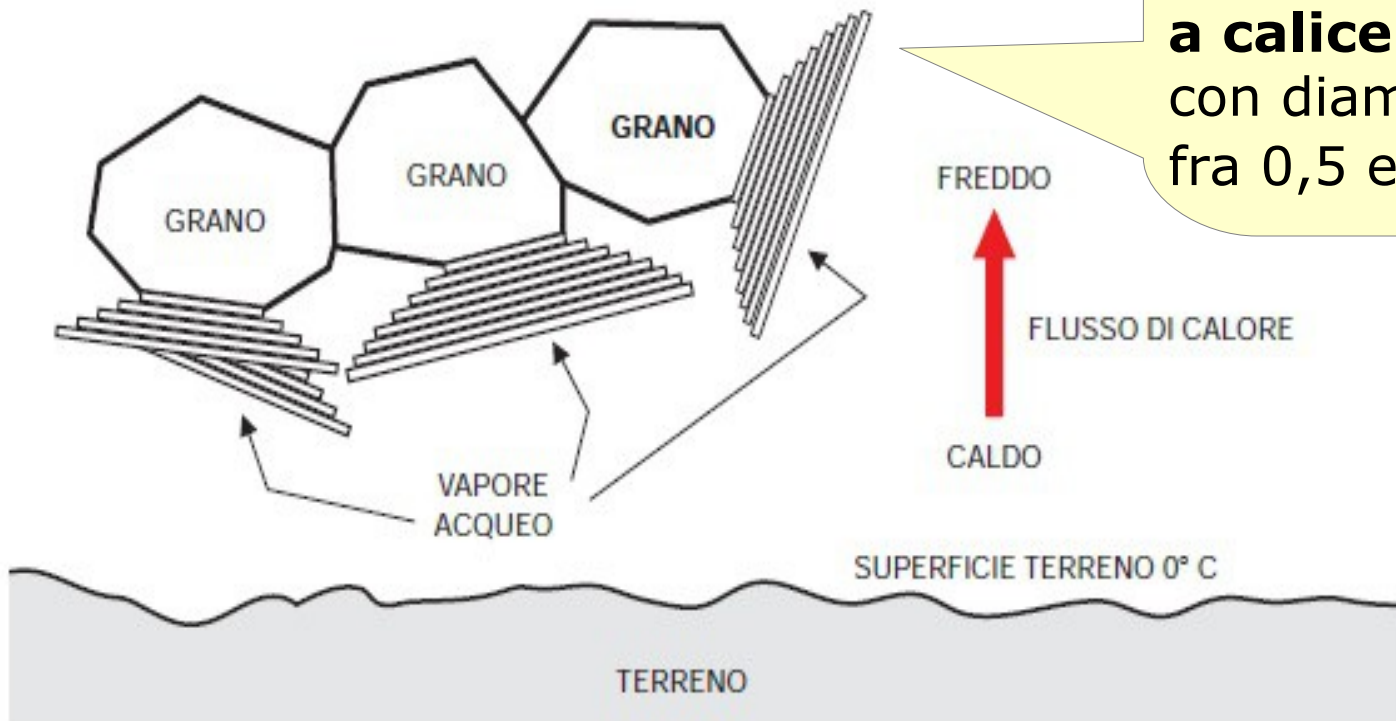
- ◆ nei **luoghi in ombra** (versanti Nord) sia in prossimità del terreno, dove la vegetazione consente una migliore circolazione del vapore, sia all'interno del manto nevoso;
- ◆ con un **limitato spessore** della coltre nevosa (alto gradiente di temperatura).

Convinzione Errata ma molto diffusa: "c'è poca neve sulle montagne e fa freddo, andiamo in gita perché non c'è pericolo di valanghe".

FALSO

METAMORFISMO DELLA NEVE ASCIUTTA O SECCA

Metamorfismo da forte gradiente (m. costruttivo): $GT > 0,2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$. Si ha con il perdurare per più giorni della differenza di temperatura, i grani a facce piane continuano a crescere.



i nuovi grani si chiamano **brina di profondità** o **cristalli a calice** (simbolo Λ) con diametro compreso fra 0,5 e 1 mm

METAMORFISMO DELLA NEVE UMIDA O BAGNATA

Metamorfismo da fusione e rigelo (trasformazione della neve umida)

Avviene con T prossima 0°C e nella neve c'è acqua allo stato liquido prodotta da:

- ★ riscaldamento per azione del sole
- ★ vento caldo
- ★ temperature miti
- ★ pioggia

Fusione: l'acqua scende negli strati del manto nevoso

Rigelo: temperatura si abbassa ⇒ congelamento dei grani rimasti che sono riuniti in gruppi.

Caratteristica tipica della **neve primaverile**

LE VALANGHE

Sono masse di neve in movimento lungo un pendio.



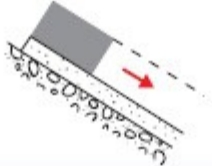
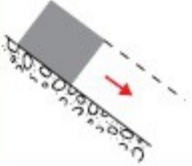


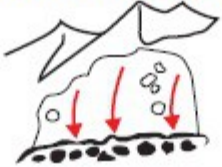



Zona di distacco: luogo dove si origina la valanga

Zona di scorrimento: area compresa tra la zona di distacco e quella di arresto

Zona di accumulo: luogo dove la massa nevosa si ferma

CLASSIFICAZIONE DELLE VALANGHE

Criteria	Descrizione	
Tipo di distacco	lineare, ad angoli retti, perpendicolare alla superficie di slittamento VALANGA DI LASTRONI 	puntiforme VALANGA DI NEVE A DEBOLE COESIONE 
Posizione della superficie di slittamento	all'interno del manto nevoso VALANGA DI SUPERFICIE 	al suolo VALANGA DI FONDO 
Tipo di movimento	soprattutto polverosa VALANGA POLVEROSA 	soprattutto radente VALANGA RADENTE 
Umidità della neve	asciutta VALANGA DI NEVE ASCIUTTA	bagnata VALANGA DI NEVE BAGNATA
Forma del percorso	piatta VALANGA DI VERSANTE 	canalone VALANGA INCANALATA 

Altro criterio di classificazione è la causa del distacco:

- **Spontaneo** quando provocato da cause naturali
- **Provocato** quando causato dall'intervento dell'uomo

VALANGA DI NEVE A DEBOLE COESIONE

Causata dal movimento di poche particelle di neve che si staccano e scivolano lungo il pendio coinvolgendo altra neve.

Possono essere di:

- ★ neve **asciutta** (inverno, nuove precipitazioni, basse temperature)
- ★ neve **umida** (neve fresca o vecchia si scioglie per effetto del sole) → NON sottovalutarne gli effetti



Forma
triangolare
"a pera"

VALANGA DI LASTRONI

Sulle Alpi, le valanghe a lastroni sono la causa della **maggior parte degli incidenti**.



L'instabilità è nella struttura del manto ⇒ valanga poco prevedibile

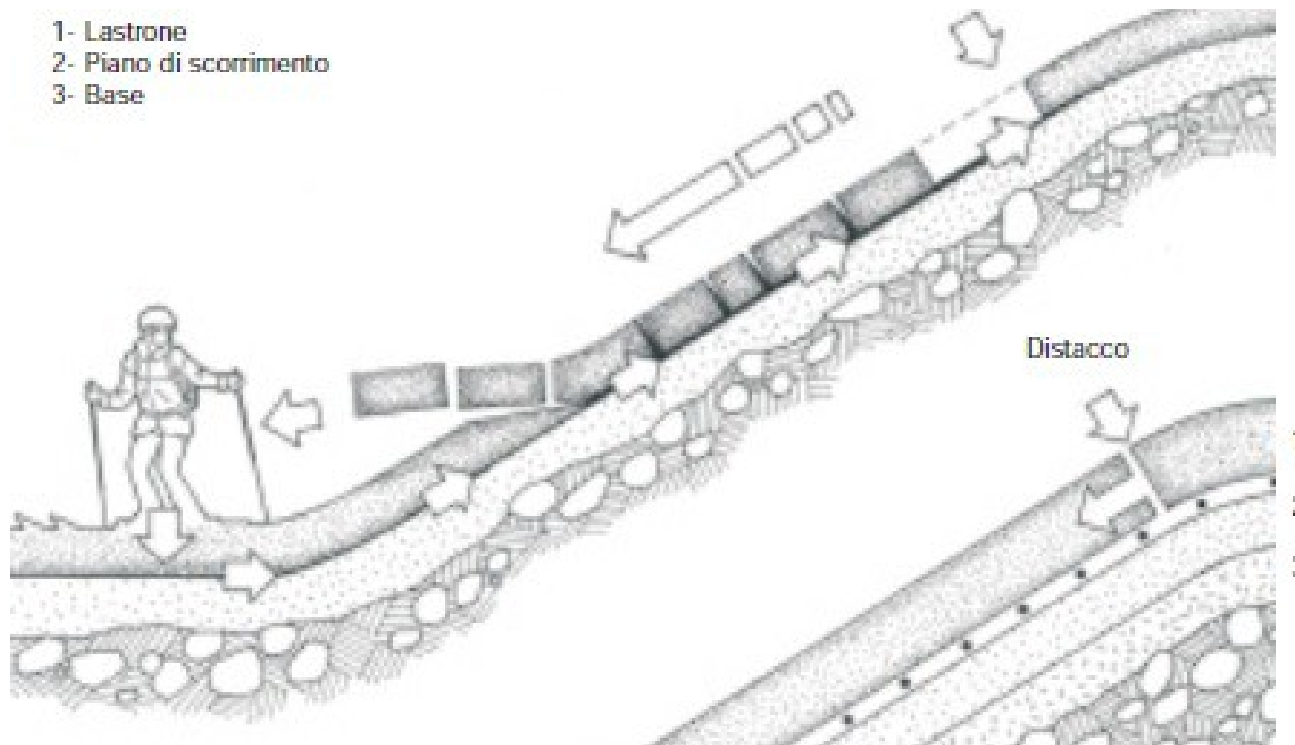
VALANGA DI LASTRONI – LE 3 CONDIZIONI

Il distacco di un lastrone di neve è legato a 3 condizioni necessarie e sufficienti:

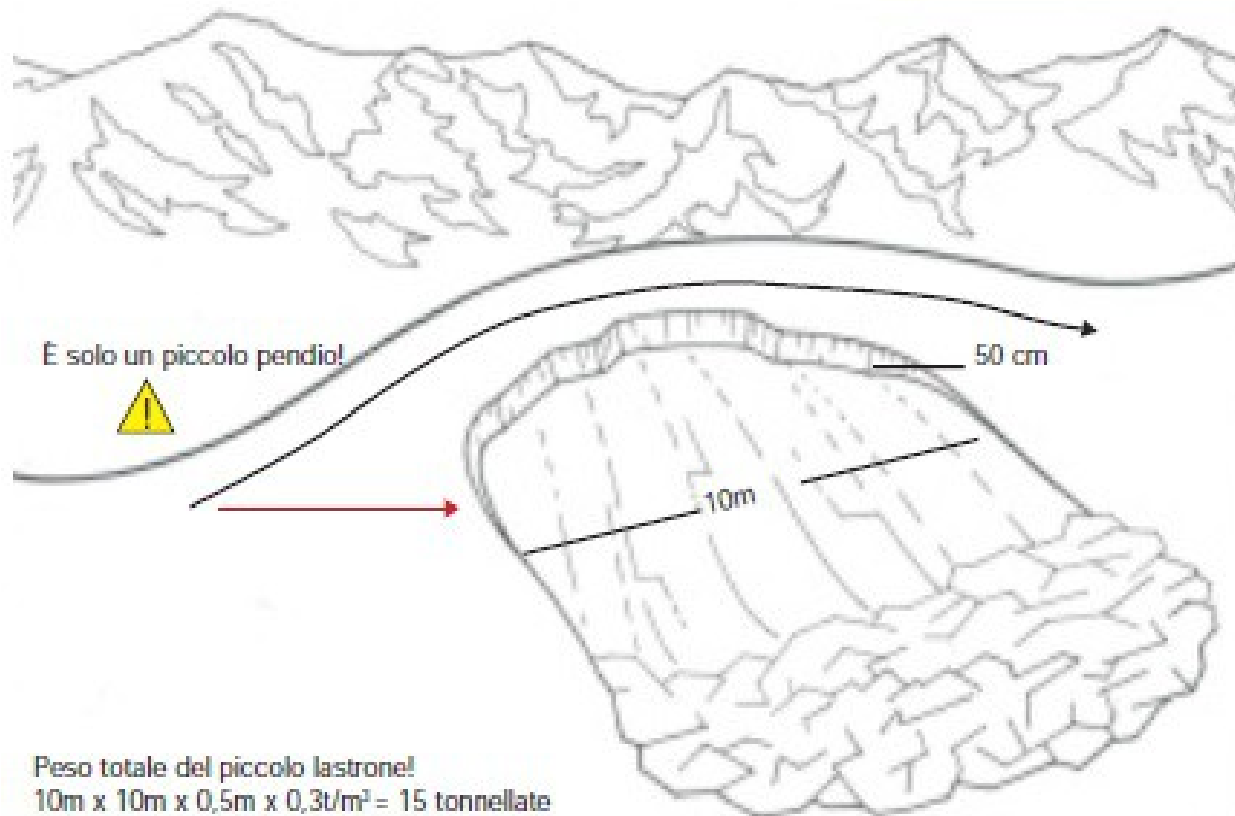
- 1) **inclinazione del pendio**: pendenza minima di 30° con neve asciutta, o 25° con neve bagnata;
- 2) **lo strato superficiale deve presentare neve con coesione** (la neve trasportata dal vento ha sempre coesione);
- 3) **presenza di un piano di slittamento** (strato critico) e scarso legame tra il piano di slittamento e lo strato superficiale.

VALANGA DI LASTRONI – DISTACCO A DISTANZA

Con scarsa stabilità nel manto nevoso, il distacco può essere provocato in un punto di minore stabilità, anche su terreno pianeggiante alla base del pendio, **distante dal luogo dove si verifica la rottura.**



VALANGA DI LASTRONI – PICCOLI PENDII



Lastrone di 10 x 10 metri con uno spessore di 50 cm e composto di neve che pesa 300 kg = **15 tonnellate**

VALANGA DI LASTRONI



VALANGA DI NEVE BAGNATA



- costituite da neve che contiene **acqua** allo **stato liquido** e ha una temperatura di 0°C
- distacco simile alle valanghe a debole coesione però può originare una valanga a lastroni;
- solo a seguito di rialzi termici di più giorni (tipiche in **primavera**);
- bassa velocità ma **molto dense**.

VALANGA DI NEVE POLVEROSA

- ha origine da uno scaricamento di neve fresca a debole coesione o dal distacco di lastroni;
- per la presenza di **versanti** lunghi e **molto ripidi** la neve non scorre a livello del suolo;
- formazione **aereosol**: nube di neve e aria che raggiunge altissima velocità (fino a 300 km/h);
- caratterizzate dal "**soffio**": un'onda di pressione che precede il fronte (che può essere anche qualche decina di metri);
- possono essere **molto distruttive**.

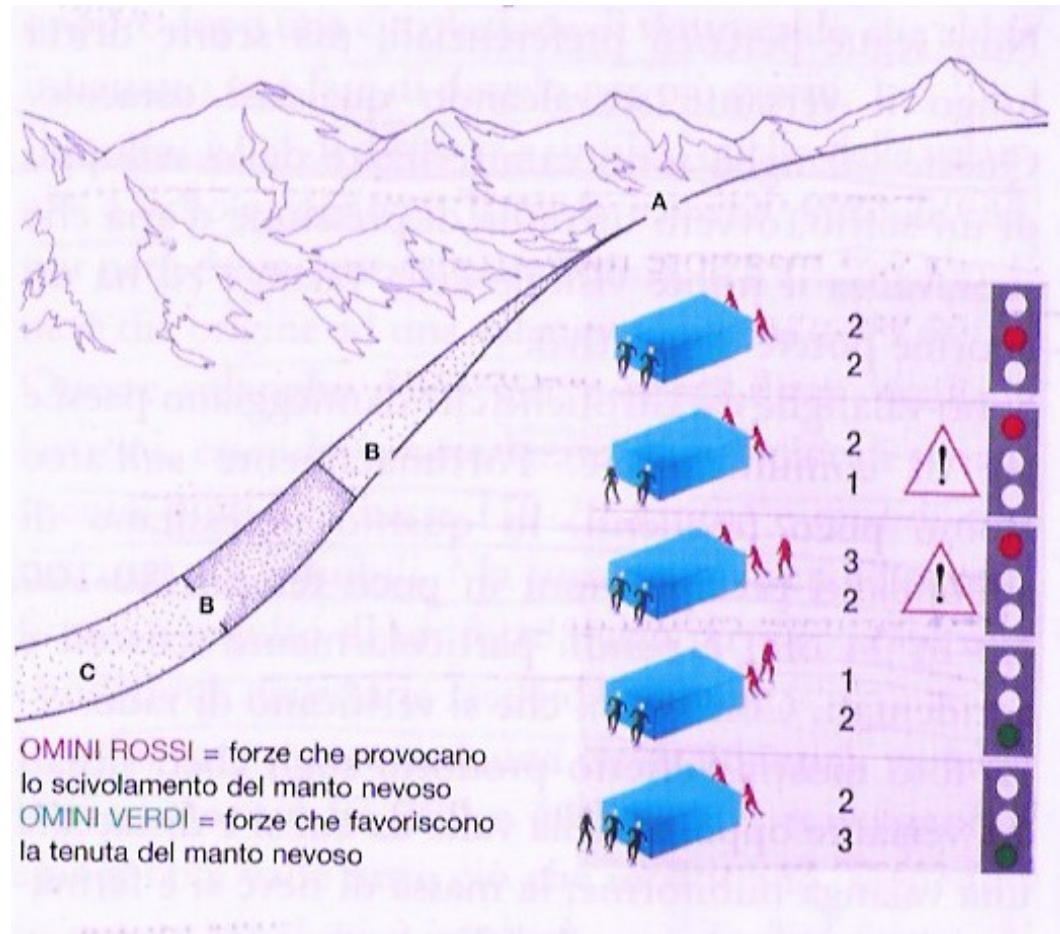


CAUSE DEL DISTACCO DI VALANGHE

Il manto nevoso è **stabile** quando le **forze attive** che tendono a far scendere la neve verso valle sono inferiori alle **resistenze** e agli attriti che tendono a mantenerla sul pendio.

Con forze attive maggiori resistenze \Rightarrow **manto instabile**

Con forze attive uguali resistenze \Rightarrow **equilibrio limite**



FATTORI PER IL DISTACCO DI VALANGHE

Aumento delle forze attive

causato da:

- nuove precipitazioni: caduta di neve fresca
- vento: trasporta la neve
- pioggia: apporta acqua
- sovraccarico naturale: caduta di sassi, cornici, seracchi
- sovraccarico dovuto al passaggio di sciatori o alpinisti

Riduzione delle resistenze

prodotta da:

- importante aumento della temperatura
- presenza di strati critici (croste da fusione e rigelo, brina di fondo, brina di superficie ricoperta, neve pallottolare, grani sfaccettati)

AUMENTO DELLE FORZE ATTIVE: IL VENTO

Il vento agisce sulla distribuzione della neve al suolo con un'azione di sollevamento, trasporto e deposizione dei grani di neve.

Il vento è chiamato "costruttore di valanghe"

Anche spessori di soli 15-20 cm di neve fresca possono, con venti forti, creare una situazione di **pericolo** locale di valanghe a lastroni.

Il vento lavora molto sui cristalli di neve, riducendone le dimensioni: il **lastrone da vento**, tipicamente, ha una elevata **coesione interna** e molto **scarsa con gli altri strati** specie se si deposita su uno **strato critico**.

L'AZIONE DEL VENTO SULLA NEVE

zone di accumulo:

- localizzate nelle concavità
- superficie uniforme
- spessore considerevole

zone di erosione

- localizzate in crinali
- hanno superficie irregolare
- spessore molto ridotto



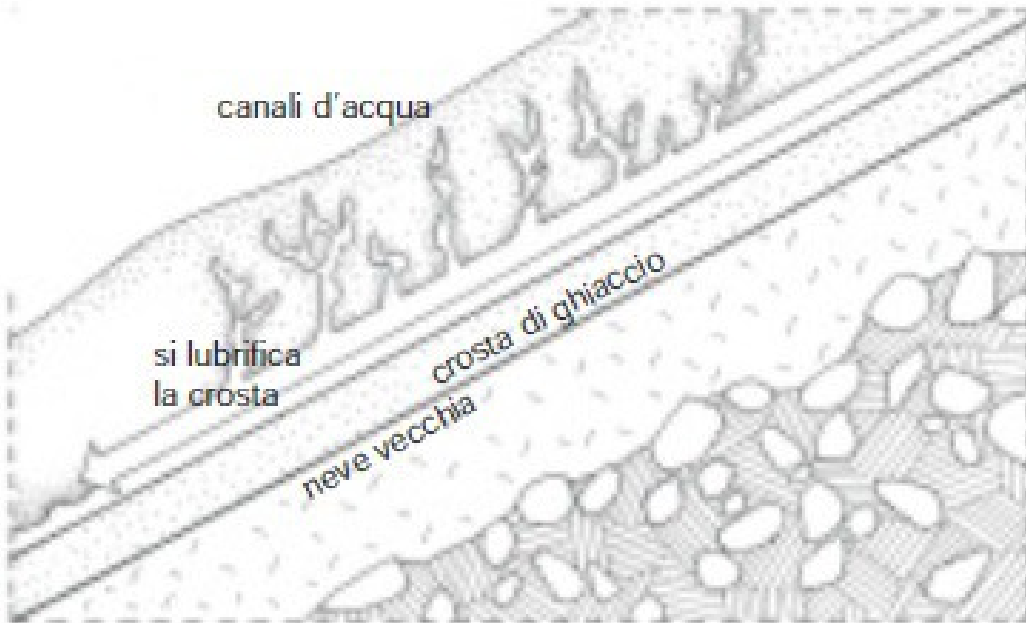
L'AZIONE DEL VENTO SULLA NEVE - LE CORNICI

Sempre per azione del vento, sulle creste e ai lati delle gole si formano le **cornici**: depositi di neve, spesso instabile, che sporgono sul **versante sottovento**.



AUMENTO DELLE FORZE ATTIVE: LA PIOGGIA

Forti **piogge** (oppure forte **riscaldamento**) apportano rilevanti quantità di acqua ⇒ **aumento** del **peso** del manto nevoso ⇒ **instabilità** del pendio.



Se l'acqua che cola verso il basso incontra **strati impermeabili** (ad esempio una crosta da fusione e rigelo) si ha un effetto **lubrificazione** che diminuisce la resistenza tra i due strati (prima tra le cause delle valanghe primaverili).

La **superficie** della neve su cui è piovuto si presenta “**a buccia d’arancia**”.

AUMENTO DELLE FORZE ATTIVE: I SOVRACCARICHI

Naturali

- la caduta di sassi, la rottura di cornici e la caduta di seracchi;
- lo scaricamento di neve a debole coesione può sovraccaricare un pendio già in equilibrio precario \Rightarrow valanga a lastroni.

Causati dall'uomo

possono essere molto variabili in funzione del tipo di azione e del numero delle persone.

Prendendo a riferimento la sollecitazione che uno scialpinista esercita in salita (X), se ne deduce che:

- ★ un alpinista senza sci $3X$
- ★ una discesa lenta e controllata $4X$
- ★ caduta con gli sci o discesa energica senza sci $8X$

TEMPERATURA E RIDUZIONE DELLE RESISTENZE

L'**aumento della temperatura** porta ad una riduzione delle resistenze. Il riscaldamento è prodotto da:

- **generalizzato aumento della temperatura** dovuto al salire dello 0°C → tutti i versanti, caratteristico della stagione più avanzata, ma anche di circolazioni di venti caldi;
- **radiazione solare** (interessati solo i versanti soleggiati).

riscaldamento **brusco** (aumento della temperatura o arrivo del Föhn) ⇒ aumento pericolo a breve termine.

riscaldamento **lento** e non eccessivo ⇒ riduce le tensioni nel manto di neve asciutta e produce un buon assestamento.

TEMPERATURA E RIDUZIONE DELLE RESISTENZE

La **neve** è un **pessimo conduttore termico**, le variazioni giornaliere della temperatura influenzano solo gli strati superiori (penetra da 10 a 30 cm, dipende dal tipo di neve) ⇒ per interessare gli **strati** più **profondi** e per ridurre le resistenze è necessario che l'**aumento di temperatura** duri per **alcuni giorni**.

Il **freddo conserva il pericolo**, mantenendo inalterate le tensioni però un raffreddamento consolida molto un manto nevoso umido o bagnato, soprattutto durante la notte e in presenza di cielo sereno.

TEMPERATURA, ORIENTAMENTO DEI VERSANTI, QUOTA

In **pieno inverno** **giorni** più **caldi** possono favorire l'**assestamento**, particolarmente sui **versanti meridionali**, mentre su quelli **settentrionali** (e NW) possono permanere **strati critici** e proseguire anche la loro formazione.

In **primavera** normalmente il manto si presenta **assestato** da numerosi cicli di fusione e rigelo. Il **pericolo** dipende piuttosto dal **forte riscaldamento** da **irraggiamento** che può interessare le varie esposizioni nel corso della giornata, specie a ridosso delle rocce

Anche la **quota** influisce sulla **temperatura**: 0.6°C ogni 100m di quota \Rightarrow finire le gite prima delle 12:00

LA MORFOLOGIA DEL TERRENO

La presenza sui pendii di marcate discontinuità contribuiscono alla stabilità del manto nevoso

Impluvi e **conche** ⇒ più pericolosi per presenza di accumuli da vento.

Creste e **dossi** ⇒ più sicuri perché non vi si accumula la neve trasportata da vento.



Con **fondi uniformi**, erba o rocce lisce
⇒ è favorito il distacco di **valanghe di fondo**

TERRENO E VEGETAZIONE

Un bosco fitto di abeti svolge un'azione benefica rispetto al distacco delle valanghe:

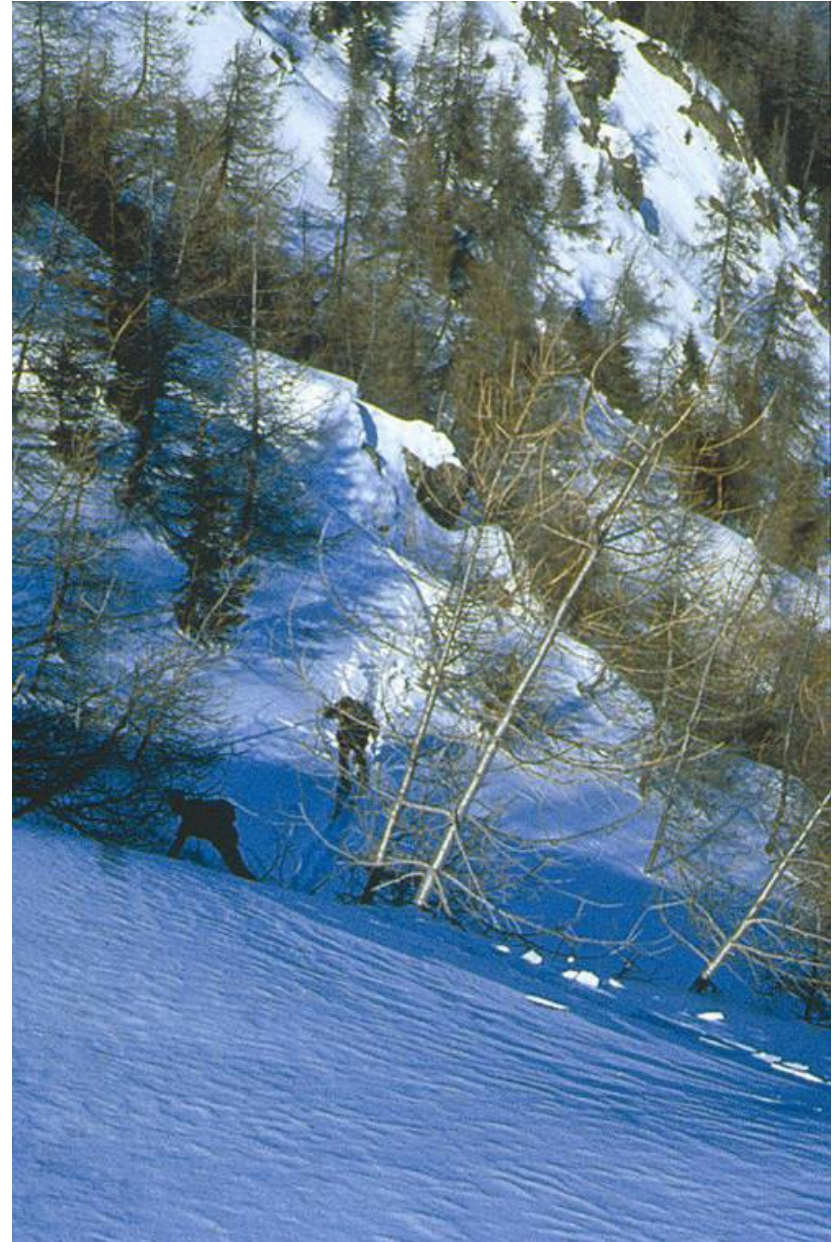
- con i **fusti** costituisce dei veri e propri ancoraggi;
- rende **meno probabile** la formazione di lastroni da vento e rallenta nel tempo la fusione del manto nevoso;



- favorisce l'azione di **assestamento** grazie alla neve che cade dagli alberi.

TERRENO E VEGETAZIONE

I **boschi radi**, soprattutto se di **larici** (d'inverno sono sprovvisti di chioma), non ostacolano il distacco di valanghe di lastroni soffici e non impediscono la formazione di lastroni di neve ventata.



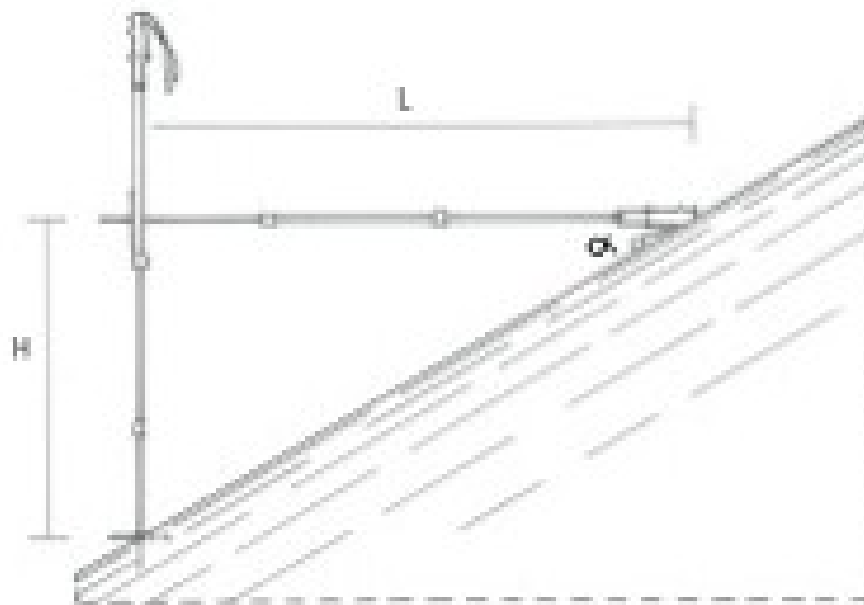
MANTO NEVOSO – QUANTO STABILE?

L'INCLINAZIONE DI UN PENDIO

Valutazione sulla
carta topografica,
scala 1:25.000

Distanza curve	8 mm	7 mm	6 mm	5 mm	4 mm
Inclinazione media in gradi	27°	30°	34°	39°	45°
Pendenza media percentuale	50%	58%	68%	81%	100%

Valutazione sul **terreno**
Regola pratica: metà
lunghezza del
bastoncino = 27°



MANTO NEVOSO: QUANTO STABILE?

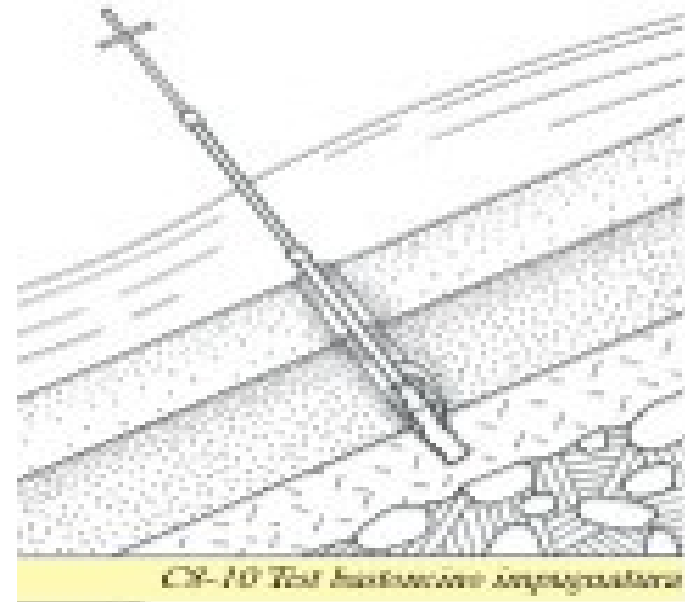
Test della pala

per determinare la coesione della neve



Test del bastoncino/sonda per avere indicazioni sulla stabilità del pendio:

- se la **resistenza** incontrata è **grande** e va aumentando gradualmente \Rightarrow pendio è tendenzialmente stabile;
- se si incontra **bassa resistenza**, specie verso il fondo \Rightarrow presenza di uno strato debole e quindi il pendio è potenzialmente instabile.



ANALISI DEL MANTO NEVOSO: PROFILO STRATIGRAFICO

Il profilo stratigrafico consente di:



copyright scollinando by Roberto Noli

- ◆ evidenziare i singoli strati di neve e valutare i **potenziali piani di slittamento**;
- ◆ determinare per ciascun strato l'indice di **durezza** (R) mediante il test della mano;
- ◆ individuare **forma** e **dimensione** dei **grani** (F) tramite una lente di ingrandimento e una piastrina cristallografica;
- ◆ misurare l'andamento della **temperatura** in funzione dello spessore;
- valutare il tenore di **umidità** di ogni strato.

PROFILO STRATIGRAFICO: TEST DELLA MANO

Un parametro che esprime la resistenza alla compressione della neve è la **durezza** (simbolo generale: **R**) ⇒ lo si ricava con il **test della mano** (rilevazione più precisa con sonde a percussione).

TEST DELLA MANO	Termine Sci alpinistico Termine tecnico	Sonda a percussione (N) (10 N ≈ 1 kg)	Ordine di grandezza della pressione (Pa)	Simbolo	Simbolo grafico
Pugno	<u>molto soffice</u> molto bassa	0-20	$0-10^3$	R1	
4 Dita	<u>soffice</u> bassa	20-150	10^3-10^4	R2	—
1 Dito	<u>semi dura</u> media	150-500	10^4-10^5	R3	×
Matita	<u>dura</u> alta	500-1000	10^5-10^6	R4	//
Lama coltello	<u>molto dura</u> molto alta	>1000	$>10^6$	R5	⊗
	ghiaccio			R6	—

Oggetti di differenti dimensioni sono spinti, delicatamente e con la mano, nella neve.



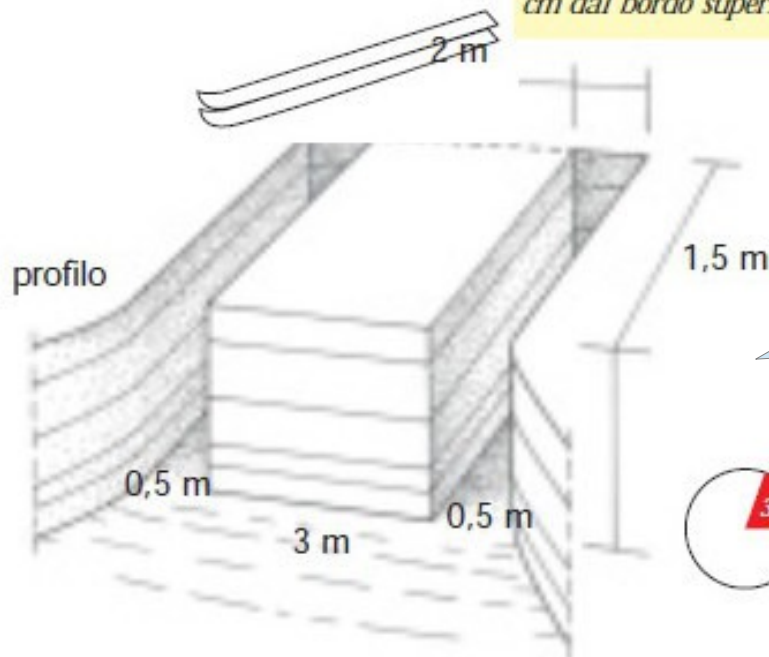
MANTO NEVOSO: QUANTO STABILE?

Test del blocco di slittamento: miglior sistema per valutare sul luogo la resistenza al taglio \Rightarrow la prova piú significativa della reazione del manto nevoso alle sollecitazioni esterne.

Caricamento degli sci

*Posizione di caricamento normale:
35 cm dal bordo superiore.*

*Posizione di caricamento con il
grado 6 (caso di lastroni soffici): 70
cm dal bordo superiore.*



Inclinazione pendio: almeno 30°

Detto anche **rutschblock**, consiste nel sollecitare, su un pendio di almeno 30°, una porzione di manto nevoso di 3 mq con **carichi crescenti** fino ad ottenere l'eventuale rottura dello strato debole.

GRADI DI CARICO DEL BLOCCO DI SLITTAMENTO

GRADO	ROTTURA DEL BLOCCO	VALUTAZIONI
1	Si verifica una rottura con conseguente slittamento del lastrone già durante l'operazione di scavo del blocco.	<p>Situazione pericolosa: sono presenti numerose zone con manto nevoso instabile. I pendii corrispondenti non vanno attraversati.</p>
2	Lo sciatore si avvicina al blocco con gli sci ai piedi dalla parte superiore e vi sale con cautela a circa 35 cm dal bordo superiore.	
3	Senza sollevarsi sui talloni, lo sciatore esegue una flessione esercitando una forza verso il basso.	
4	Lo sciatore esegue un salto con gli sci ai piedi ricadendo nello stesso punto.	<p>Situazione sospetta: vi possono essere delle zone di instabilità e sono possibili valanghe provocate. I pendii corrispondenti sono attraversabili solo con una scelta corretta dell'itinerario e rispettando le distanze di sicurezza.</p>
5	Lo sciatore ripete il salto nello stesso punto.	
6	Lo sciatore esegue un salto senza gli sci (aumentando così il sovraccarico).	<p>Situazione più o meno sicura: il manto nevoso si presenta per lo più stabile e vi è una bassa probabilità di provocare valanghe. Vanno comunque rispettate le norme di sicurezza elementari.</p>
6a	In caso di lastroni soffici trapassabili completamente dagli sci. Lo sciatore esegue un terzo salto con gli sci a 70 cm dal bordo superiore.	
7	Nessuna delle azioni ha determinato una rottura.	

Formalizzati da Föhn (1987), modificati da Jamieson e Johnson (1993)