



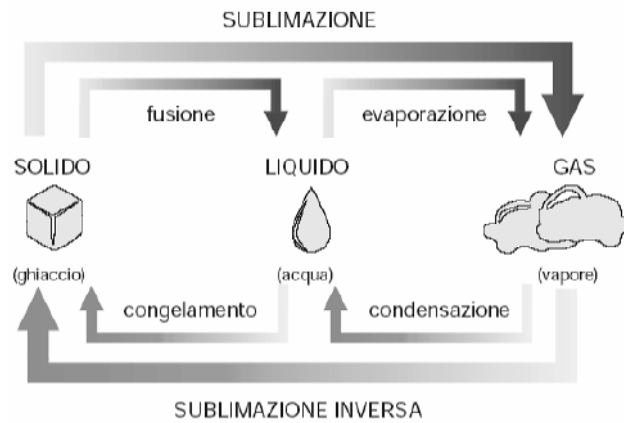
**CAI S. Donà e Treviso**  
**Scuole Alpinismo e Scialpinismo**



# Neve e Valanghe

**Parte 1a**

# La Neve



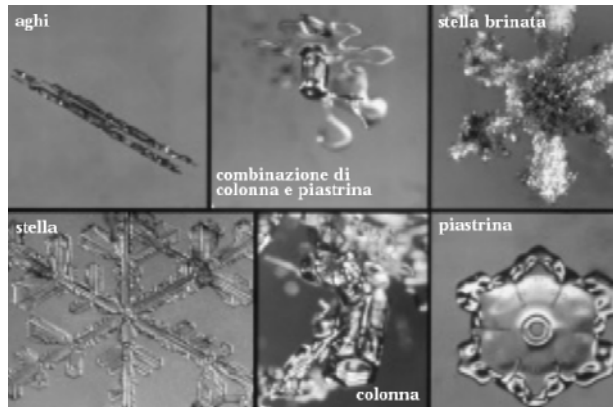
2

La neve è composta da aria ed acqua.

Per capirne le trasformazioni è utile gli scambi di materia tra gli stati dell'acqua:

# La Neve

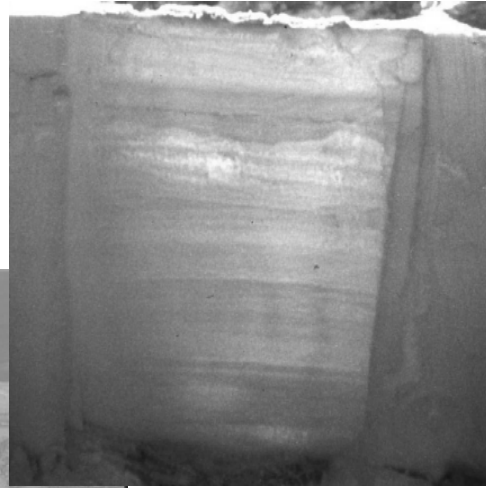
- L'organizzazione mondiale della meteorologia ha stabilito 10 forme principali, tra le più comuni:



## La Neve

### Il manto nevoso

- Il manto nevoso è costituito da strati ognuno con caratteristiche omogenee. Le proprietà meccaniche del manto derivano dalle caratteristiche dei vari strati e dalle interazioni fra uno strato e l'altro



I cristalli che compongono i vari strati subiscono continuamente delle trasformazioni da quando si depositano al suolo fino alla loro completa fusione, dove si forma un'unica massa omogenea di neve.

# I Metamorfismi

I processi di trasformazione dei cristalli al suolo, detti metamorfismi, sono:

- metamorfismo da gradiente debole (isotermia) (formazione di *neve granulosa*)
- metamorfismo da gradiente elevato (formazione di *cristalli angolari*)
- metamorfismo da fusione e rigelo (formazione di *neve primaverile*)
- trasformazione meccanica (formazione di *neve ventata*)

# I Metamorfismi

## Che cosa è il gradiente?

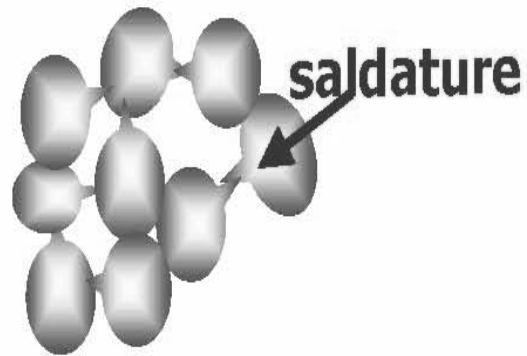
Il gradiente di temperatura nel manto nevoso è dato dal rapporto tra una differenza di temperatura in due punti (posti sulla stessa verticale) e la loro distanza

- debole (gradiente  $< 0,05^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ )
- medio (gradiente compreso tra  $0,06-0,19^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ )
- elevato (gradiente  $> 0,2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ )

# I Metamorfismi

## Metamorfismo da gradiente debole (isotermia)

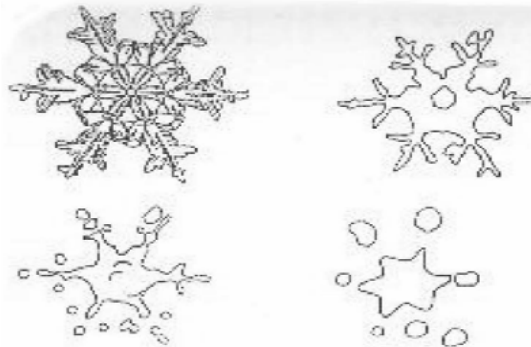
Trasforma i cristalli di neve fresca in neve vecchia granulosa, provocando l'assestamento e il consolidamento dello strato nevoso



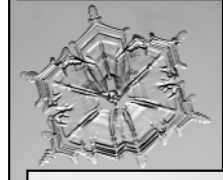
7

(dalla coesione per feltratura a quella per sinterizzazione). Con la temperatura prossima a 0°C questo processo è molto veloce, mentre con il freddo intenso (-40°C) è quasi nullo.

## I Metamorfismi



- A seguito di un processo fisico i cristalli di neve fresca si trasformano in grani arrotondati di ghiaccio (simbolo ●), con un diametro medio di 0,2 – 0,4 mm



8

I cristalli di neve fresca si trovano in condizioni di equilibrio precario, la natura tende a semplificare queste forme complesse riducendone la superficie. Le piccole punte dei cristalli di neve cominciano a sublimare (trasformazione dallo stato solido a quello gassoso) e il vapore d'acqua che ne risulta si deposita al centro del cristallo. In questo modo si ottengono grani tondi che occupano meno spazio dei cristalli iniziali: la neve si assesta, i cristalli si toccano e formano dei legami (sinterizzazione), aumenta la densità e la coesione del manto nevoso. Questo processo trasforma i cristalli di neve fresca in grani arrotondati di ghiaccio (simbolo ●), con un diametro medio di 0,2 – 0,4 mm.

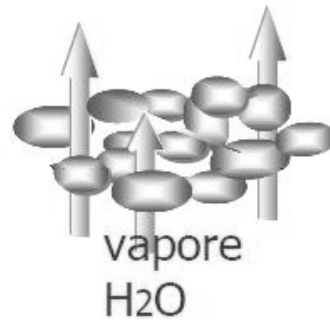


# I Metamorfismi

## Metamorfismo da gradiente elevato

Si ha la formazione di nuovi cristalli che vengono chiamati “cristalli a calice” o “angolari”

I cristalli, con le loro forme piramidali cave o sfaccettate spigolose, sono senza coesione tra loro e molto fragili



I cristalli assumono forma a calice (simbolo U) con diametri tra 0,5 e 1 mm

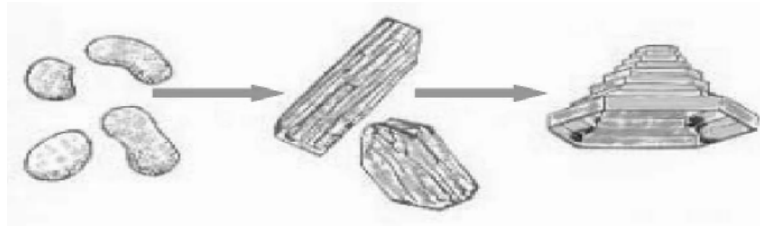
9

Quando vi è elevata differenza di temperatura all'interno del manto nevoso si verifica una condizione di squilibrio dovuta al fatto che l'aria che circonda i cristalli negli strati inferiori è più calda e meno densa rispetto all'aria negli strati superiori. Si attiva quindi una circolazione verticale dell'aria dalle parti inferiori a quelle superiori. L'aria calda trascina una certa quantità di vapor d'acqua, che, ricristallizzandosi al contatto con i cristalli più freddi nelle parti superiori, si deposita su questi.

Nella fase iniziale i cristalli aumentano progressivamente le loro dimensioni diventando spigolosi. Nella fase finale invece si ha la formazione di nuovi cristalli. Questi cristalli vengono chiamati “cristalli a calice” o “angolari”.

I cristalli nella fase finale di questa trasformazione assumono infatti una caratteristica forma a calice (simbolo U) con diametri tra 0,5 e 1 mm.

## I Metamorfismi



- Anche la vecchia neve granulosa può essere trasformata in cristalli angolari
- Il metamorfismo costruttivo si sviluppa in particolare: su pendii esposti ai quadranti nord, con temperature ambientali basse, con poca neve, in presenza di arbusti
- Attenzione quindi agli inverni freddi e con scarse precipitazioni che, come confermano le statistiche, non sono meno pericolosi degli altri

10

### ATTENZIONE !!!

Anche la vecchia neve granulosa può essere trasformata in cristalli angolari

I cristalli angolari si possono creare, non solo vicino al suolo, ma anche negli strati intermedi, per esempio quando si ha la deposizione di neve fresca su un manto nevoso umido o su una crosta da rigelo. Il metamorfismo costruttivo si sviluppa in particolare su pendii esposti ai quadranti nord, con temperature ambientali basse, con poca neve, in presenza di arbusti (mirtilli, rododendri, ontani) e cavità tra i massi, ecc..

Attenzione quindi agli inverni freddi e con scarse precipitazioni che, come confermano le statistiche, non sono meno pericolosi degli altri.

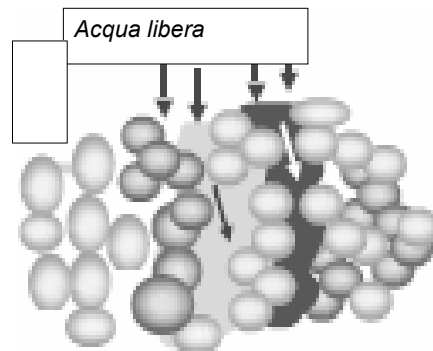
I cristalli, con le loro forme piramidali cave o sfaccettate spigolose, sono senza coesione tra loro e molto fragili. Quando questo strato viene sollecitato i cristalli si frantumano provocando un brusco assestamento del manto nevoso che tende a scivolare su di essi. Questi cristalli non si modificheranno più nel corso dell'inverno, fino a quando inizierà il processo di fusione.

# I Metamorfismi

## Metamorfismo da fusione e rigelo

In primavera (in determinate condizioni anche in inverno) il riscaldamento produce un film d'acqua sulla superficie

- neve umida: l'acqua è presente in modeste proporzioni
- neve bagnata: Quando inizia a scorrere verso il basso del manto



11

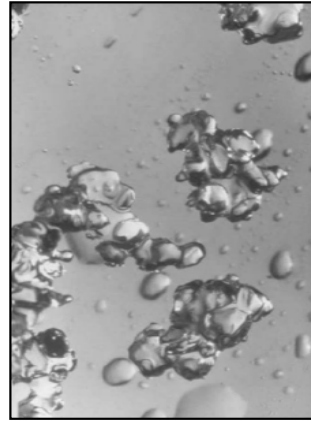
In primavera (in determinate condizioni anche in inverno) il manto nevoso o la sua superficie può raggiungere la temperatura di 0°C, cioè il punto di fusione della neve. Il riscaldamento produce un film d'acqua sulla superficie. *Acqua libera*

Se l'acqua è presente in modeste proporzioni, riempie le cavità dei cristalli e li avvolge di un velo sottile: la neve diventa umida.

Quando inizia a percolare verso il basso, più o meno velocemente a seconda della densità degli strati, la neve diventa bagnata, tipica nelle ore pomeridiane della primavera.

## I Metamorfismi

- L'acqua riempie le cavità tra i singoli cristalli formando la "coesione per capillarità"
- Quando l'acqua di fusione diventa abbondante, i legami tra i cristalli sono rapidamente distrutti e il manto nevoso diventa scivoloso, causando valanghe a debole coesione
- Se la temperatura ritorna sotto lo 0°C l'acqua di fusione gela cementando tra loro i cristalli di neve (coesione per rigelo), formando croste di neve gelata



L'acqua scendendo negli strati del manto nevoso, riempie le cavità tra i singoli cristalli e smussa gli spigoli, sostituendo la vecchia coesione per sinterizzazione, con la "coesione per capillarità". Ma quando l'acqua di fusione diventa abbondante, i legami tra i cristalli sono rapidamente distrutti e il manto nevoso diventa scivoloso, causando valanghe di neve bagnata a debole coesione.

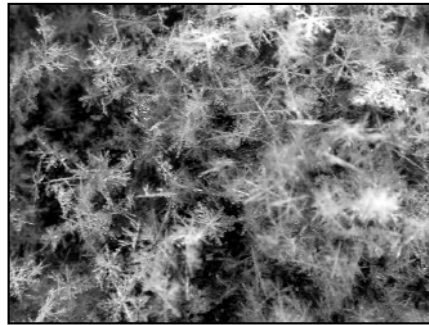
Se la temperatura ritorna sotto lo 0°C l'acqua di fusione gela cementando tra loro i cristalli di neve, coesione per rigelo, formando croste di neve gelata, anche dello spessore di qualche decina di cm (neve trasformata). La neve di fusione o primaverile a grani grossi (simbolo °, > di 1 mm di diametro) si forma quindi per fusione e successivo rigelo.

# I Metamorfismi

## Trasformazione meccanica

- Il vento modifica la neve durante e dopo la precipitazione. I continui urti spezzano le ramificazioni riducendo la neve ad una polvere di cristalli di ghiaccio

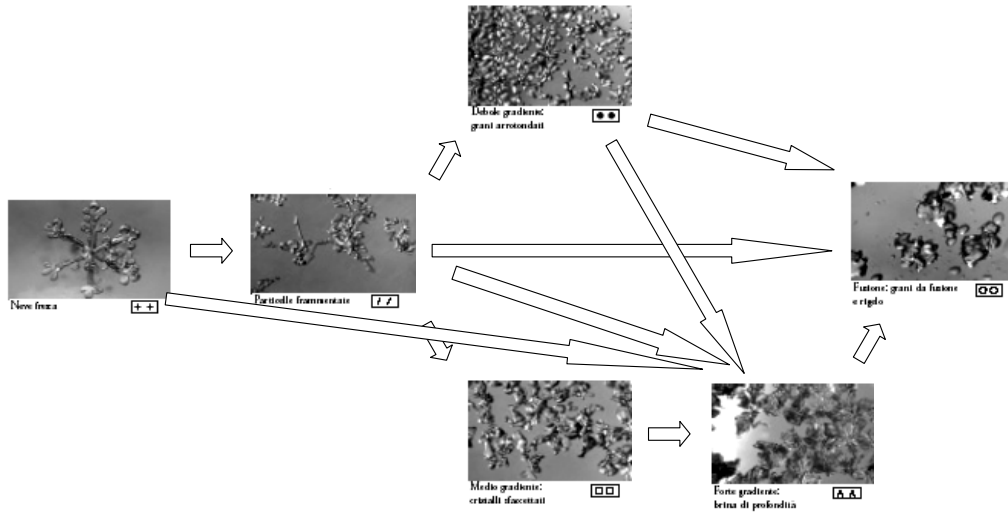
- Le proprietà della neve ventata sono diverse da quelle della neve fresca: non è plastica, presenta sempre coesione per feltratura (formazione di lastroni) ed ha un comportamento fragile.



Il vento modifica la neve, oltre che durante la precipitazione, anche dopo la sua deposizione al suolo. I continui urti spezzano le ramificazioni riducendo la neve ad una polvere di cristalli di ghiaccio con diametro inferiore a 0,5 mm.

La neve ventata ha proprietà meccaniche completamente diverse da quelle della neve fresca: non è plastica, presenta sempre coesione per feltratura (formazione di lastroni) ed ha un comportamento fragile.

# I Metamorfismi

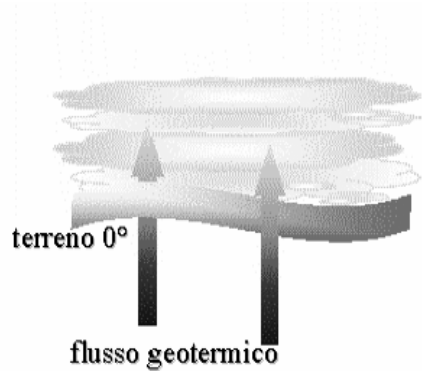


## Fattori che influenzano il manto nevoso

### Temperatura

#### Scambio di calore suolo-neve

La neve è un ottimo materiale isolante e trattiene buona parte del calore della terra mantenendo una temperatura di circa  $0^{\circ}\text{C}$  alla base del manto nevoso.



15

Scambio di calore suolo-neve:

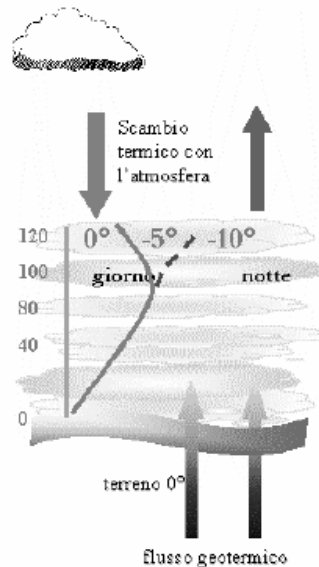
il manto nevoso risente del calore interno della Terra che tende a disperdersi nell'atmosfera. Essendo un ottimo materiale isolante la neve trattiene buona parte di questo calore mantenendo una temperatura di circa  $0^{\circ}\text{C}$  alla base del manto nevoso.

## Fattori che influenzano il manto nevoso

### Temperatura

#### Scambi di calore neve-atmosfera

- si ha un continuo scambio termico tra neve e aria, il manto nevoso acquisisce calore se la temperatura dell'aria è superiore e cede calore se la temperatura dell'aria è inferiore
- la distribuzione della temperatura all'interno del manto nevoso può assumere un andamento diversissimo tra suolo e superficie



16

#### Scambi di calore neve-atmosfera:

si verifica un continuo scambio termico tra neve e aria, in relazione alle situazioni meteorologiche: se la temperatura dell'aria è superiore a quella del manto nevoso, questo acquisisce calore e quindi si ha un bilancio termico positivo (es: di giorno o nelle notti primaverili calde); se la temperatura dell'aria è inferiore a quella del manto nevoso, questo cede calore e quindi si ha un bilancio termico negativo (es: di notte o nelle giornate invernali fredde sui pendii a nord).

In conseguenza delle variazioni di temperatura alla superficie e dell'apporto di calore per flusso geotermico dal basso, la distribuzione della temperatura all'interno del manto nevoso può assumere un andamento diversissimo tra suolo e superficie (da 0°C a -20°C e oltre).

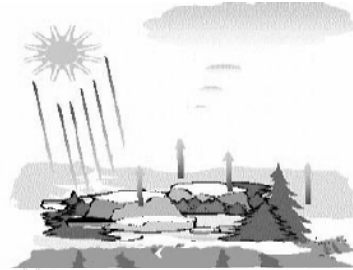


## Fattori che influenzano il manto nevoso

### Temperatura

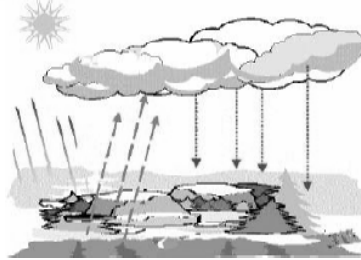
#### Irraggiamento diretto

è dato dall'azione dei raggi del sole, Il riscaldamento che ne risulta influenza solo la porzione superficiale del manto



#### Irraggiamento indiretto

è dato dall'azione sul manto nevoso delle radiazioni provenienti dalla terra o dalle nuvole, Il riscaldamento che ne risulta interessa il manto in tutto il suo spessore (effetto serra)



17

Irraggiamento diretto:

è dato dall'azione dei raggi del sole che incidono direttamente sul manto nevoso. Il riscaldamento che ne risulta influenza solo la porzione superficiale del manto, perché la neve riflette le radiazioni solari (onda corta) quasi totalmente (80-90 %)

Irraggiamento indiretto:

è dato dall'azione sul manto nevoso delle radiazioni provenienti dalla terra o dalle nuvole. Il riscaldamento che ne risulta interessa il manto in tutto il suo spessore, poiché questo tipo di radiazione (onda lunga) viene assorbito più facilmente dalla neve (effetto serra).

## Fattori che influenzano il manto nevoso

### Vento

•effetti meccanici sui cristalli

•maggiore scambio termico aria-neve

1. vento freddo:  
sottrae calore e può generare croste ghiacciate
2. vento caldo e umido:  
apporta calore e può causare un riscaldamento intenso e repentino del manto
3. vento caldo e secco (föhn):  
veloce diminuzione dello spessore del manto nevoso per fusione

### Vento

L'azione del vento sulla neve si esplica con:

effetti meccanici sui cristalli

maggiore scambio termico aria-neve

Il moto turbolento causato dai vortici di vento accelera lo scambio termico tra aria e neve. Un vento freddo sottrae calore dalla neve e può generare croste ghiacciate, mentre un vento caldo e umido apporta calore alla neve e può causare un riscaldamento intenso e repentino del manto.

Se il vento è caldo e secco (föhn) la temperatura della neve si innalza ed induce a processi di evaporazione-sublimazione, con contemporanea eliminazione del vapore d'acqua per assorbimento da parte dell'aria secca. Si verifica quindi una veloce diminuzione dello spessore del manto nevoso per fusione.

## Fattori che influenzano il manto nevoso

### Altri eventi atmosferici

1. Pioggia:  
riduzione dello spessore dovuta all'aumento di peso degli strati superficiali carichi d'acqua (diminuzione della coesione)
2. Nebbia:  
avendo una temperatura più elevata di quella della superficie della neve, condensa o brina sulla superficie del manto e quindi lo riscalda



La **pioggia** non causa una fusione significativa del manto nevoso ma ne provoca una riduzione dello spessore dovuta all'aumento di peso degli strati superficiali carichi d'acqua. La pioggia provoca diminuzione della coesione per l'aumento di acqua libera nel manto nevoso.

La **nebbia**, avendo una temperatura più elevata di quella della superficie della neve, a contatto con manto nevoso cede una parte di umidità. Questa condensa o brina sulla superficie della neve, cedendo calore latente e quindi riscaldandola.

## Fattori che influenzano il manto nevoso

### Pressione

E' data dal peso della neve degli strati superiori su quelli sottostanti  
Ha l'effetto di addensare la neve e  
ha un ruolo importante  
nell'accelerare il metamorfismo da  
gradiente debole.



### Pressione

La pressione è data dal peso della neve degli strati superiori su quelli sottostanti.

Essa ha l'effetto di addensare la neve ridefinendo la struttura dei cristalli e ha un ruolo importante nell'accelerare il metamorfismo da gradiente debole favorendo la formazione dei grani arrotondati.

## Tabella esemplificativa delle trasformazioni

	<b><u>Trasformazione distruttiva (o di isotermità)</u></b>	<b><u>Trasformazione costruttiva (o di gradiente)</u></b>	<b><u>Trasformazione di fusione</u></b>	<b><u>Trasformazione meccanica</u></b>
<b><u>Causa</u></b>	Instabilità dei cristalli di neve fresca	Gradiente di temperatura nel manto nevoso	Riscaldamento a 0°C con formazione di acqua di fusione	Trasporto della neve e compressione del manto nevoso da parte del vento durante e dopo la nevicata
<b><u>Effetto</u></b>	Sublimazione (accelerata da temperature miti) che semplifica e riduce la superficie dei cristalli	Migrazione di vapore acqueo nel manto nevoso dai punti più caldi (suolo) verso quelli più freddi; accrescimento dei cristalli per sublimazione	Il ripetuto disgelo e rigelo accresce i granuli di ghiaccio, tutte le forme di cristalli si possono trasformare direttamente in granuli grossi; è la sola trasformazione che possono subire i cristalli di brina	Rottura dei rami dei cristalli di neve fresca; scuotimento e incastro dei frantumi; deformazione
<b><u>Risultato</u></b>	Dapprima struttura feltrata, poi granuli arrotondati isolati (neve vecchia a grana fine). <b>POSITIVO</b>	Cristalli angolosi, poi a calice (brina di profondità) negli strati vicino al suolo. <b>NEGATIVO</b>	Neve primaverile e di nevaio.  <b>POSITIVO</b>	Neve fresca feltrata e neve trasportata dal vento.  <b>NEGATIVO</b>
<b><u>Formazione di valanghe</u></b>	Assestamento e consolidamento del manto nevoso: tipo di neve non favorevole al distacco di valanghe	Diminuzione della resistenza, formazione di una struttura che non sopporta carichi elevati per la scorrevolezza dei cristalli	Grande resistenza finché la neve è gelata, con forte riscaldamento possibilità di lastroni umidi	Nonostante l'assestamento, riduzione della resistenza e della deformabilità del manto nevoso e formazione di lastroni di neve asciutta

## Proprietà fisiche e meccaniche della neve

### Isolamento acustico e termico

L'aria presente nella neve attenua i suoni e le vibrazioni ed inoltre protegge dal freddo, all'interno la temperatura è prossima a 0°C

### Propagazione di onde elettromagnetiche

Sono i segnali trasmessi dall' A.R.VA., che permettono ad un apparecchio ricevente di localizzare la posizione del travolto

### Isolamento acustico e termico

La neve è un elemento naturale che possiede la proprietà di isolare a livello acustico e termico. L'aria presente nella neve attenua i suoni e le vibrazioni. Una voce all'interno della neve può propagarsi solo per una decina di metri. L'aria contenuta nella neve protegge dal freddo. All'interno la temperatura è prossima a 0°C mentre all'esterno essa può avere valori ben più bassi.

### Propagazione di onde elettromagnetiche

La neve consente la propagazione delle onde elettromagnetiche, che infatti è il segnale trasmessi da un A.R.VA., e che permettono ad un apparecchio ricevente di localizzare la posizione del travolto.

## Proprietà fisiche e meccaniche della neve

### Densità

si intende la quantità di ghiaccio, acqua, vapore acqueo e aria presenti in un metro cubo di neve  
influisce in particolare sulla resistenza della neve

TIPO DI NEVE	DENSITÀ (Kg/m <sup>3</sup> )
Neve fresca molto leggera	Circa 30
Neve fresca	100
Grani fini e arrotondati (debole gradiente)	200-450
Grani sfaccettati (medio gradiente)	200-400
Grani di brina di profondità (forte gradiente)	150-350
Grani da fusione e rigelo	300-500

23

### Riflessione di raggi solari visibili e di raggi infrarossi

La neve ha la capacità di riflettere i raggi solari (raggi infrarossi, raggi visibili, raggi UV), è misurato come rapporto tra il flusso luminoso ricevuto da un fascio di raggi paralleli ed il flusso riflesso e diffuso in ogni direzione. La neve fresca presenta il massimo grado di riflessione: fino al 90% mentre nevi vecchie o sporche riflettono per il 60%.

La neve è sensibile anche ai raggi infrarossi con conseguente aumento di temperatura del manto nevoso. In notti serene la superficie della neve presenta una temperatura più bassa dell'aria ad indicare che il calore si disperde nell'atmosfera. Nelle giornate nuvolose invece la neve si riscalda molto, perché le radiazioni emesse dalla superficie non si diffondono nell'atmosfera, ma sono trattenute dalla copertura nuvolosa. In questo modo la dispersione del calore viene rallentata e le temperature dell'aria e della superficie sono quasi uguali.

### Densità

Per densità si intende la quantità di ghiaccio, acqua, vapore acqueo e aria presenti in un metro cubo di neve; essa viene misurata in kg/m<sup>3</sup>. Ad esempio il manto nevoso arriva al massimo ad una densità di circa 500 kg/ m<sup>3</sup>. La densità della neve, oltre a determinare il peso del manto nevoso, influisce in particolare sulla sua resistenza.



**CAI S. Donà e Treviso**  
**Scuole Alpinismo e Scialpinismo**



# Neve e Valanghe

**Fine parte 1a**