NIVOLOGIA
E
METAMORFISMI

3) i Metamorfismi

Riferimenti bibliografici

- RENATO CRESTA
  - La neve e le valanghe -
  Mulatero editore
- WERNER MUNTER
  - il rischio di valanghe -
  a cura dello SVI servizio valanghe
- Meteo - leggi e capricci dell'atmosfera -
  universale Electa/ Gallimard

Immagini

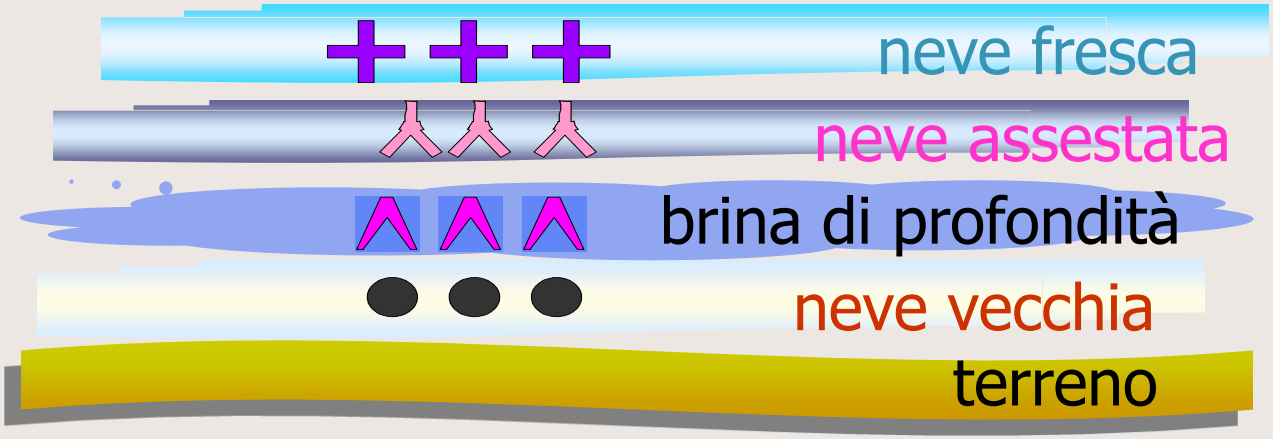
- Le foto in B/N sono di Giuseppe Mangianti
  Domodossola, 1949 - Internet "Gulliver"
- alcune immagini sono tratte dai libri di R. Cresta e W. Munter
- gli schizzi sono stati elaborati da Cuni G.

Il Gran Combin salendo a punta Chaligne
foto di G. Mangianti (Domodossola)

I METAMORFISMI

" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

Ogni strato del manto nevoso possiede una propria identità in conseguenza delle condizioni meteorologiche in cui si è formato.



I cristalli, che compongono lo strato del manto nevoso, hanno subito processi di distruzione delle loro forme ed, a volte, processi di ricostruzione di nuove forme.

" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

Questi processi di ristrutturazione dei cristalli, detti metamorfismi , avvengono in due livelli di umidità della neve

- metamorfismo della neve secca
- metamorfismo della neve umida o bagnata

" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

i metamorfismi della neve secca
avvengono con temperatura inferiore a 0°C, quando è impossibile la formazione di acqua liquida.
In queste situazioni si instaurano condizioni di gradiente:

- debole (gradiente < 0,05°/ cm)
- medio (gradiente compreso tra 0,06-0,19°/cm)
- elevato (gradiente > 0,2° cm)

" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

i metamorfismi della neve umida o bagnata
avvengono solo alla temperatura in cui può prodursi la fusione della neve, cioè a 0°C;
di norma la temperatura dell'aria è superiore a questo valore.

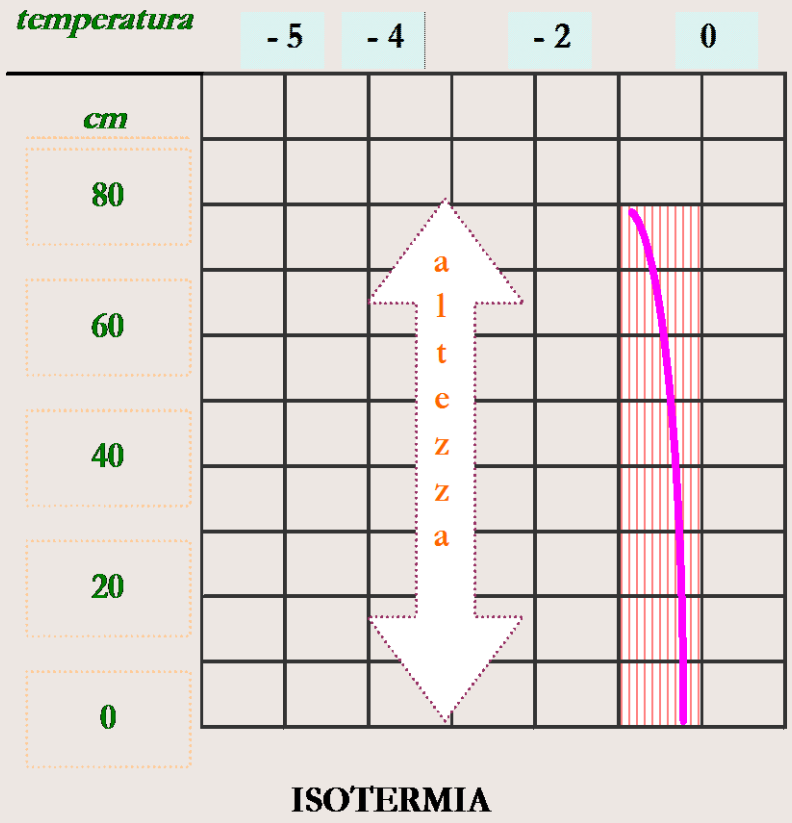
" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

ISOTERMIA o GRADIENTE debole

ISOTERMIA è la temperatura livellata a qualsiasi quota del manto nevoso.

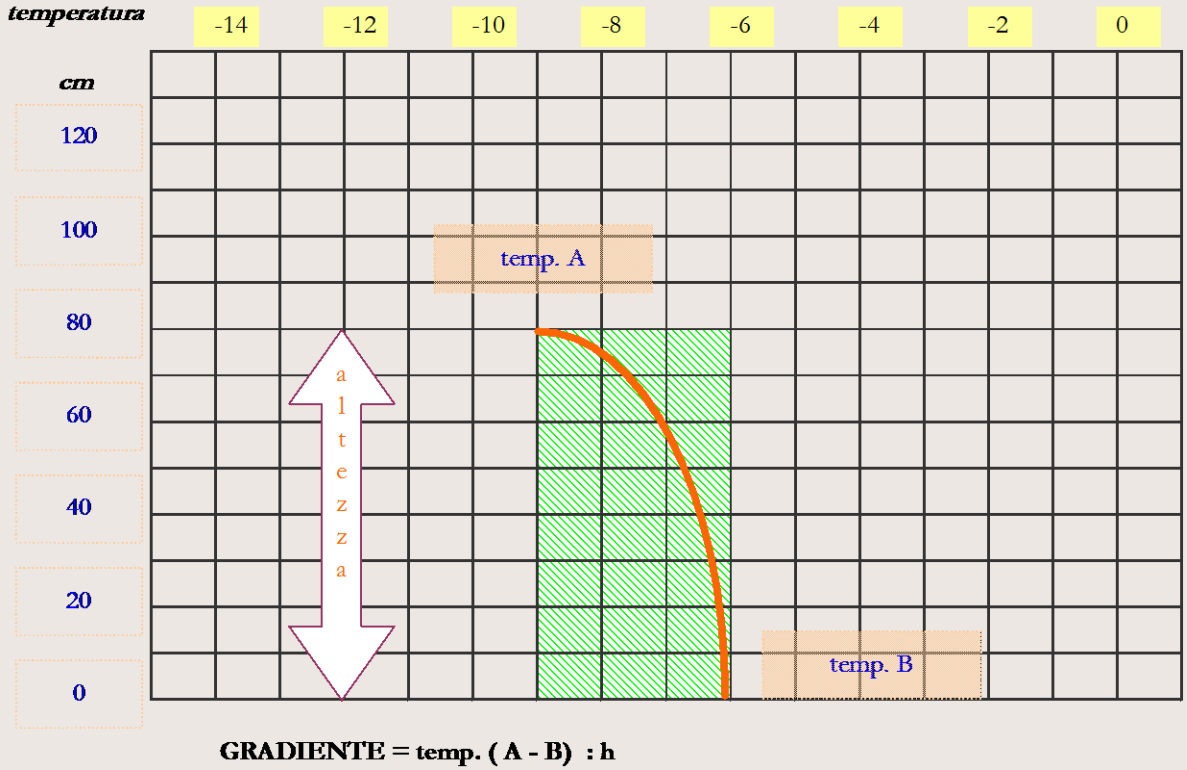
Raramente si ottengono condizioni di isotermia con temperature inferiori a 0°C, tranne quando i valori del manto nevoso si allineano sui 0°C.

In questo caso il valore di fusione è di gran lunga più importante



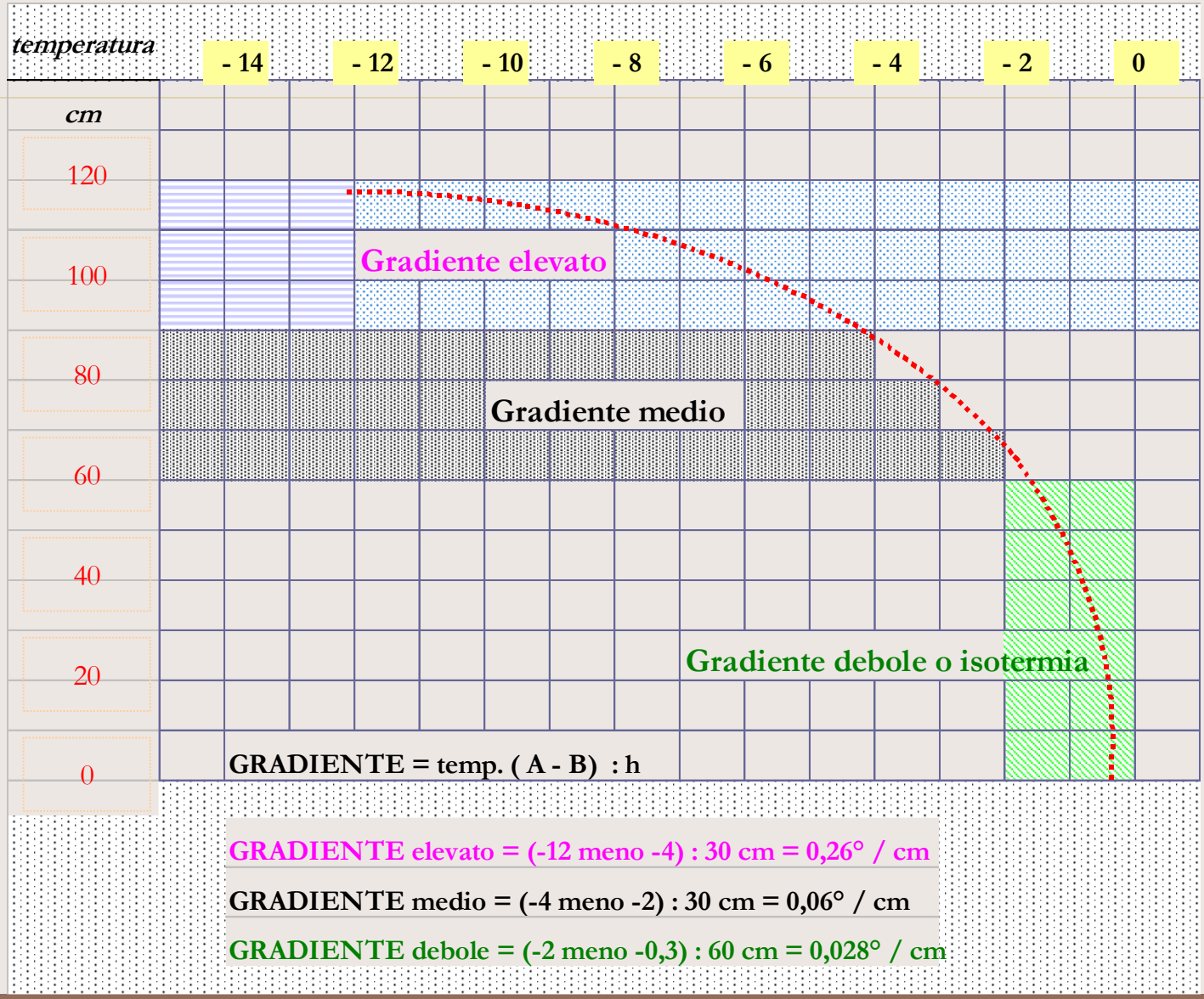
" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

Si parla di GRADIENTE quando nel manto nevoso esiste una differenza di temperatura per ogni centimetro di sviluppo in verticale. Cioè: differenza di temperatura tra il suolo e la superficie della neve, diviso l'altezza totale della neve



" I Metamorfismi dei cristalli di neve "

Diagramma dei GRADIENTI



GRADIENTE elevato = (-12 meno -4) : 30 cm = 0,26° / cm

GRADIENTE medio = (-4 meno -2) : 30 cm = 0,06° / cm

GRADIENTE debole = (-2 meno -0,3) : 60 cm = 0,028° / cm

Riepilogo

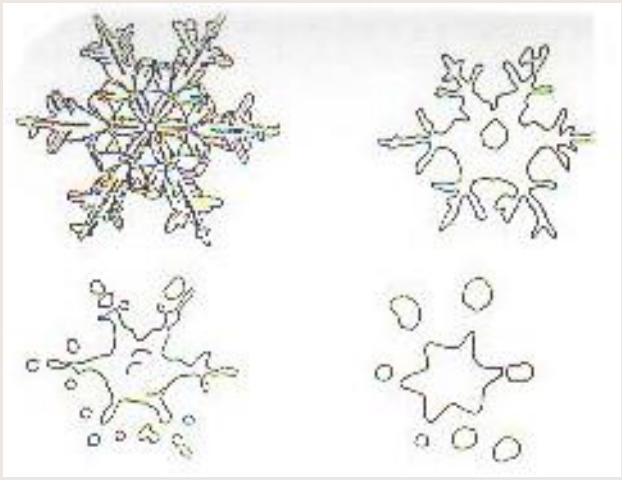
METAMORFISMO DI ORIGINE TERMICA

temperatura aria all'interno del manto nevoso	tipo		coesione del manto nevoso
tra 0°/ -6°C	GRADIENTE DEBOLE o distruttivo o per isotermia		elevato per sinterizzazione
tra – 6° e –12°C	GRADIENTE MEDIO		debole
tra – 12° e –18°C	GRADIENTE ELEVATO		debolissimo
oltre 0°C	FUSIONE		per capillarità da debole a assente

METAMORFISMO PER GRADIENTE DEBOLE

o metamorfismo distruttivo o per alcuni per isotermia
- temperatura per ogni cm < 0,05°C -

Il metamorfismo per gradiente debole trasforma i cristalli di neve fresca in neve vecchia granulosa, provocando l'assestamento e il consolidamento dello strato nevoso.
Con il tempo mite questo processo richiede solo qualche giorno, mentre con il freddo intenso può durare settimane.



METAMORFISMO PER GRADIENTE DEBOLE

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 (condensazione del vapore in solido cristallizzato) 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, aumenta la densità del manto nevoso che diventa solido. (coesione)

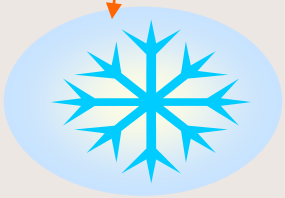
Grazie alla sua elevata resistenza, la neve vecchia granulosa non favorisce la formazione di valanghe.

Sfortunatamente questi cristalli non sono stabili, in quanto soggetti al metamorfismo costruttivo per le differenze di temperatura che avvengono nel manto nevoso.

METAMORFISMO PER GRADIENTE DEBOLE

la sublimazione del cristallo di neve
cambio della forma da "stella" a "biglia"

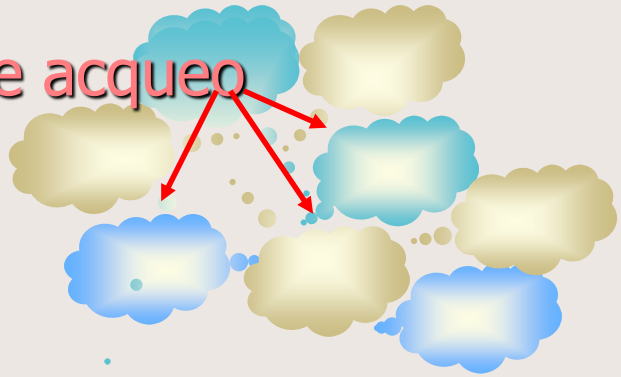
La pellicola d'aria che circonda il cristallo è ricca di vapor d'acqua.



Esiste una "tensione di vapore" * maggiore nei pressi delle estremità appuntite dei cristalli, rispetto alle cavità

* è la quantità di vapor acqueo che l'aria può contenere - la quantità di contenimento dipende dalla temperatura - più è calda e più il contenitore la accoglie - in ogni caso raggiunta una determinata percentuale, l'aria diventa satura.

Vedi precedente capitolo "Tensione di vapore"

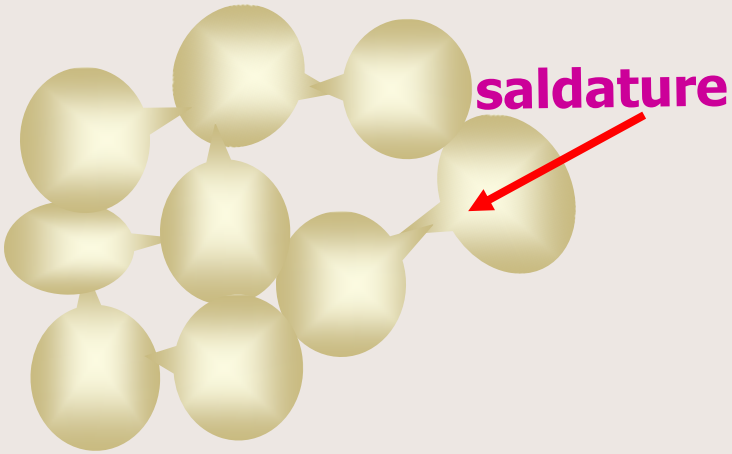


METAMORFISMO PER GRADIENTE DEBOLE

la sublimazione del cristallo di neve

cambio della forma da "stella" a "biglia"

Le molecole di vapor d'acqua, quando l'aria ne è satura, migrano verso il cristallo di ghiaccio sublimando nelle estremità appuntite, creando un punto di saldatura. Il processo continua fin quando vi sono delle tensioni di vapore, ovvero esistono delle estremità appuntite.



Questi processi trasformano i cristalli di neve fresca, più o meno ramificati, in pulviscoli di ghiaccio con un diametro medio di 0,5 mm..

METAMORFISMO PER GRADIENTE DEBOLE
NOTIZIE VARIE

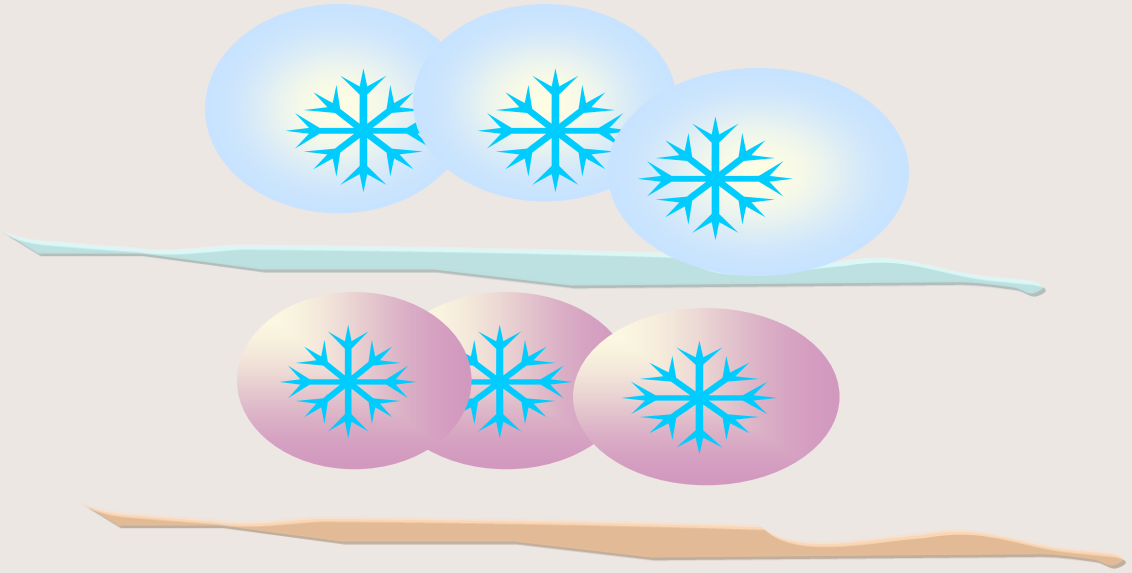
- a 24 ore dopo la precipitazione, con temperatura -3°C, si può osservare una riduzione di spessore del 15/ 20%, colate di neve, piccole valanghe dai pendii.
- con il metamorfismo da gradiente debole, lo strato di neve diminuisce circa 2/3 del suo spessore iniziale.

Sinterizzazione, il processo è simile a quello metallurgico per ridurre a blocco unico metalli polverulenti.

La sinterizzazione della neve si ottiene:
- in qualche minuto sotto l'azione del battipista
- in qualche ora sotto l'azione del vento
- in circa 3/4 giorni se la temperatura è di poco inferiore a 0°C
- in tempi lunghi con temperature basse

METAMORFISMO PER GRADIENTE MEDIO
- temperatura per ogni cm compresa tra 0,06 - 0,19°C -

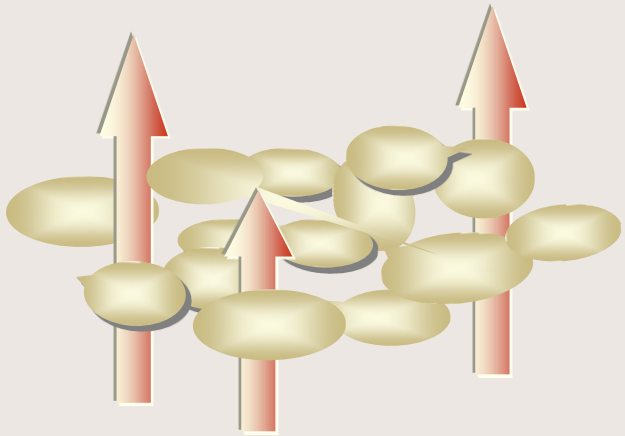
Nell'interno del manto nevoso si verifica una nuova condizione di squilibrio dovuta al fatto che l'aria, che circonda i cristalli negli strati inferiori, è più calda e meno densa rispetto all'aria negli strati superiori.



METAMORFISMO PER GRADIENTE MEDIO

- temperatura per ogni cm compresa tra 0,06 - 0,19°C -

Si attiva all'ora una circolazione verticale dell'aria dalle quote inferiori alle quote superiori.



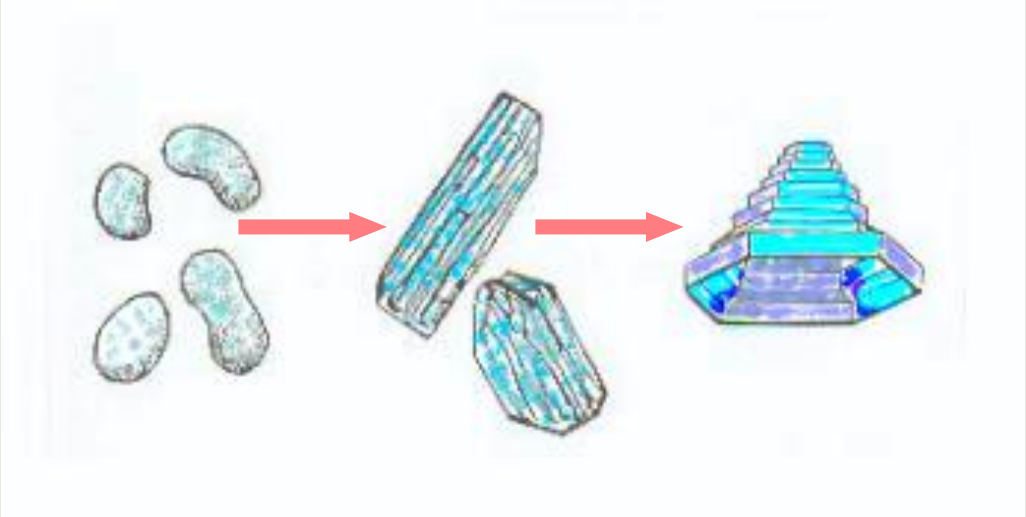
vapore H_2O

L'aria calda trascina una certa quantità di vapor d'acqua, che, sublimando al contatto con i cristalli più freddi nelle quote superiori, si deposita su questi. I cristalli aumentano progressivamente le loro dimensioni diventando spigolosi

METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

- temperatura per ogni cm > di 0,2°C -

Si intende la formazione di nuovi cristalli in seno al manto nevoso.



METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

Questi cristalli vengono chiamati "neve scorrevole" o meglio come la più conosciuta "brina di profondità", il cristallo a calice rappresenta la fase finale di questa trasformazione.

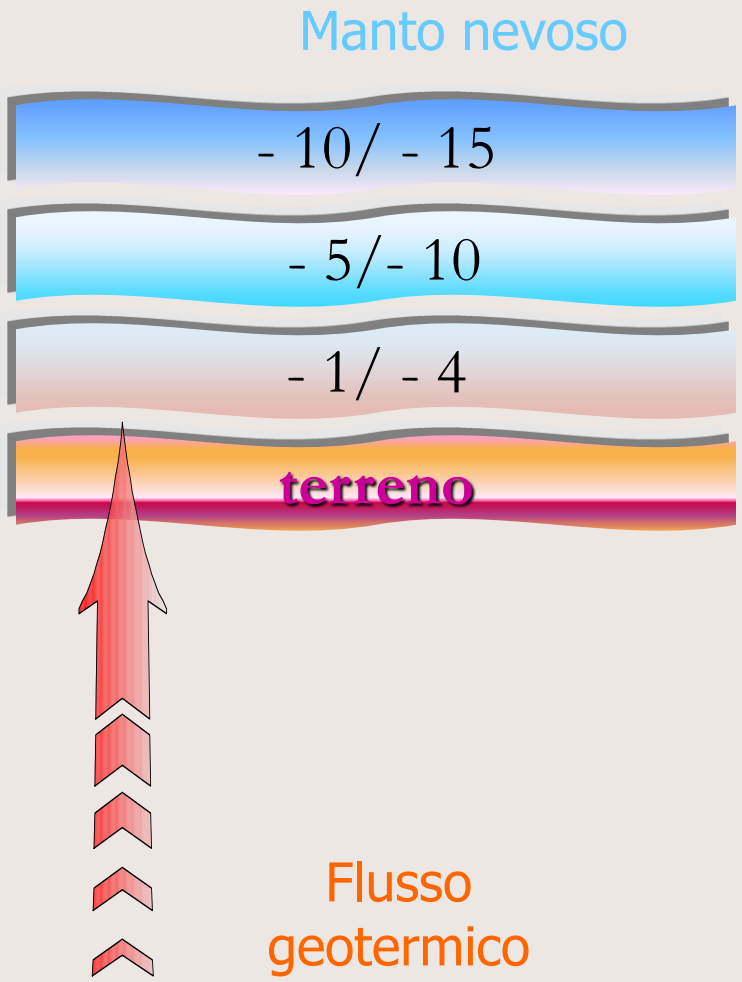
ATTENZIONE !!!

Anche la vecchia neve granulosa può essere trasformata in brina di profondità.

METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

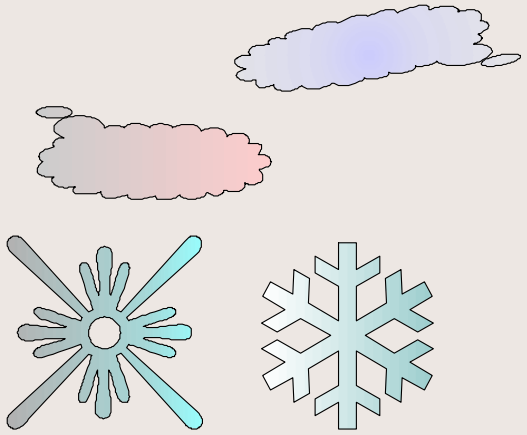
Come si forma:

per effetto dell'irraggiamento del calore terrestre (flusso geotermico), gli strati di neve vicino al suolo sono relativamente caldi (intorno allo 0°C), verso la superficie del manto nevoso la temperatura della neve diminuisce assumendo valori importanti.



METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

Alcuni cristalli di neve vecchia vicino al suolo, per effetto della temperatura mite, evaporano.
Si crea del vapore d'acqua che sale verso l'alto, e la temperatura relativa si abbassa con il contatto degli strati superiori freddi.

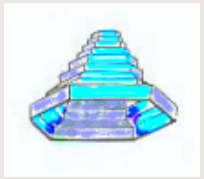


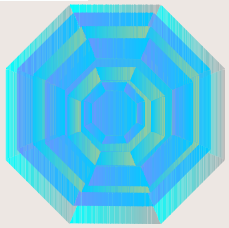
METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

Salendo dal basso verso l'alto, il flusso d'aria trascina con se le molecole del vapor d'acqua che, a contatto con i cristalli degli strati superiori, sublimano, cioè cristallizzano sulla superficie degli stessi cristalli aumentandone le dimensioni e modificandone le **forme.**

La velocità di questo processo dipende dal gradiente termico all'interno del manto nevoso.

Forme che assumono le sembianze di piramidi esagonali cave o sono sfaccettate spigolose, definite brine di profondità, di dimensione consistenti (0,5/ 0,8 mm.), senza coesione tra loro, lo strato si sgretola sotto la minima sollecitazione.





METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

Un gradiente elevato, cioè una temperatura ambientale bassa, e un manto nevoso sottile, accelera la formazione di brina di profondità.

Deboli precipitazioni nevose all'inizio dell'inverno sono particolarmente sfavorevoli per la stabilità del manto nevoso, se sono seguite da un lungo periodo di freddo senza nevicate; la brina di profondità crea uno strato scorrevole di slittamento alle prossime nevicate.

METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

Lo strato scorrevole sopra la brina di profondità si può creare, non solo vicino al suolo, ma anche negli strati intermedi, esempio:
- la neve fresca che si deposita su un manto nevoso umido o su crosta da rigelo
- sui versanti in ombra (gradiente elevato)
-i terreni favoriti dalla scarsità della neve e dalla presenza di erbe a lunga taglia o arbusti (mirtilli, rododendri, ontani)

Anche le cavità dei massi o strati di neve dura e compatta, lastroni di neve, favoriscono il metamorfismo costruttivo della brina di profondità

METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

Il lastrone che si frammenta improvvisamente con il bastoncino o sotto il peso dello sciatore, è un indizio della presenza di un substrato a debole coesione (anello debole della catena - bomba a orologeria)

l'insieme resiste ad una sollecitazione sul piano, ma si sgretola appena ne intacchiamo la resistenza laterale, neve a elevata coesione ed elevata fragilità, non è una contraddizione, pensiamo ad una lastra di vetro; dura a scalfire occorre il diamante, ma basta una pressione che va in frantumi.

Lo stesso accade per il lastrone di neve, può reggere il passaggio di diversi sciatori, lasciandosi scalfire dalle lamine, e poi , improvvisamente frantumarsi in mille pezzi che iniziano a scorrere verso valle, valanga di neve a lastroni, normalmente nei pendii esposti sottovento.

METAMORFISMO PER GRADIENTE ELEVATO O METAMORFISMO COSTRUTTIVO

La brina di profondità non si modificherà più nel corso dell'inverno, fino a quando inizierà il processo di fusione

lo strato di questo genere non è pericoloso quando è in prossimità della superficie del manto nevoso.

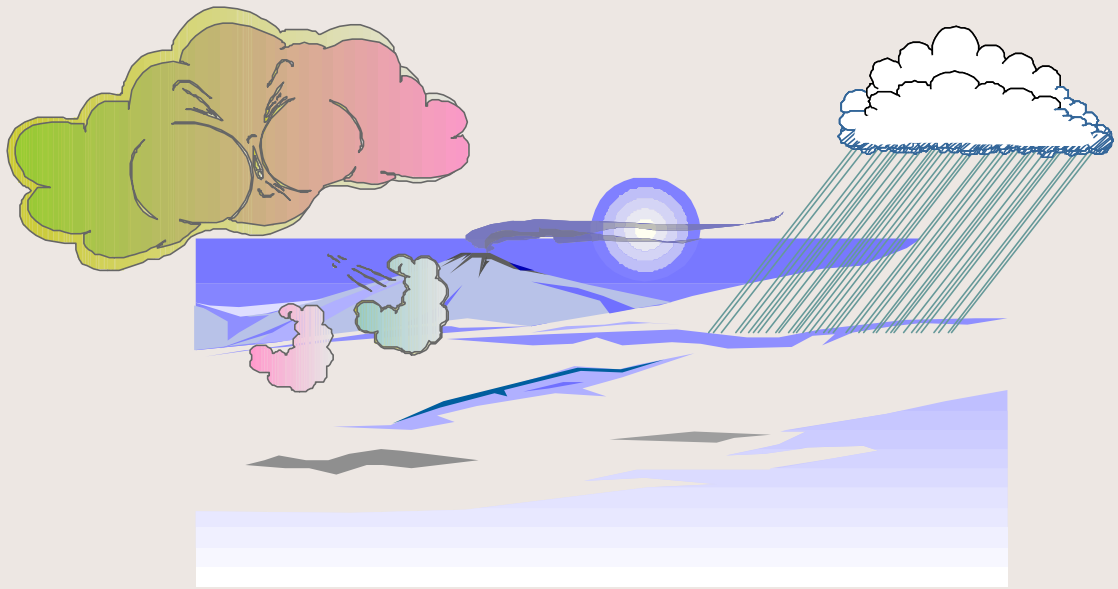
Lo diventa con le successive nevicate creando una trappola tesa agli occhi dello sprovveduto o sfortunato sciatore.

,

METAMORFISMO PER FUSIONE

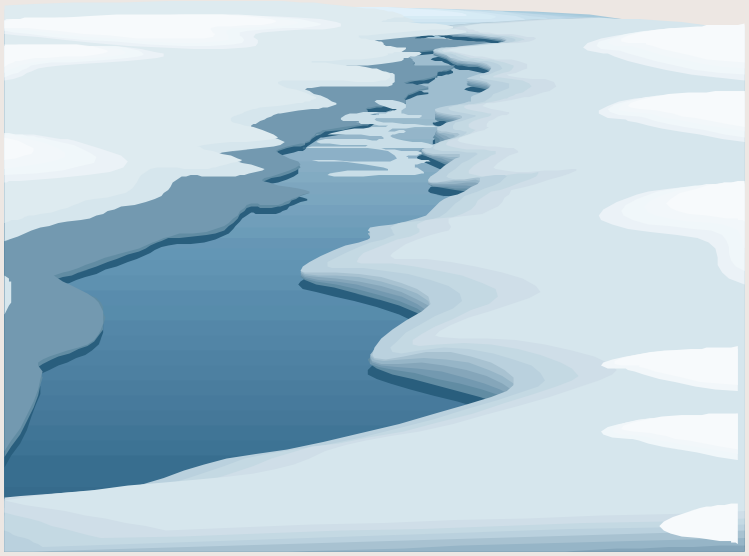
Il punto di fusione della neve è 0°C

nell'inverno il manto nevoso può avere più occasioni per raggiungere la temperatura di 0°C, cioè il punto di fusione della neve, per apporto di aria calda o causato dalla pioggia.



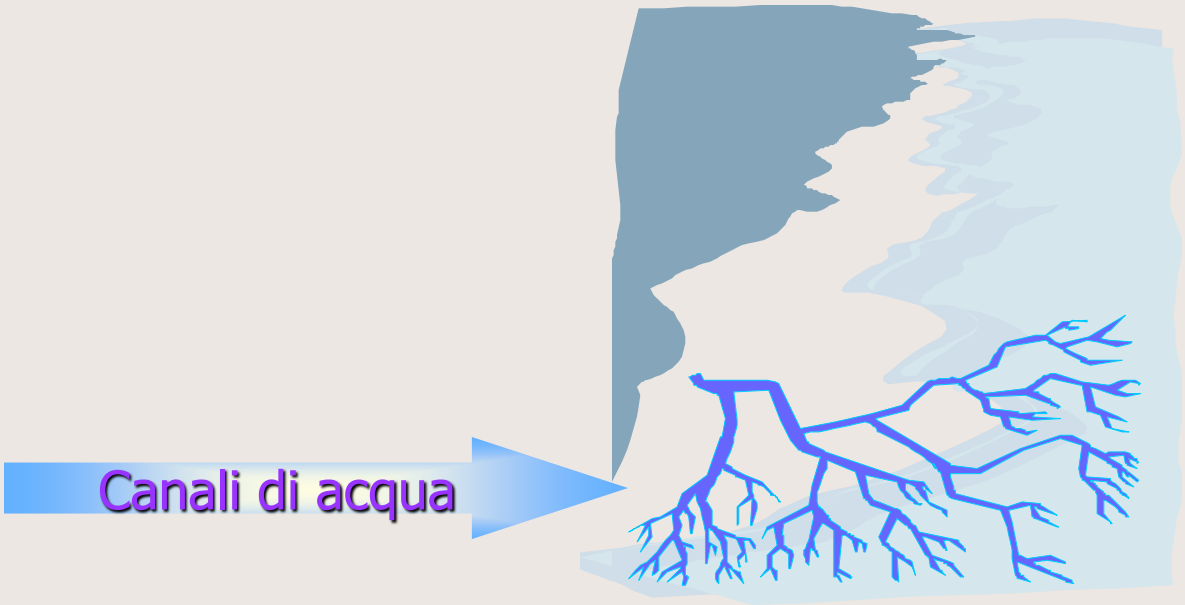
METAMORFISMO PER FUSIONE

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



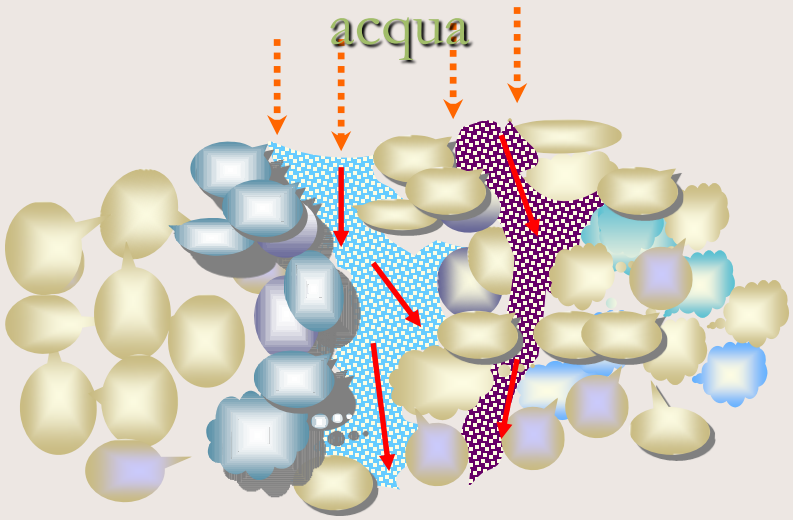
METAMORFISMO PER FUSIONE

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.



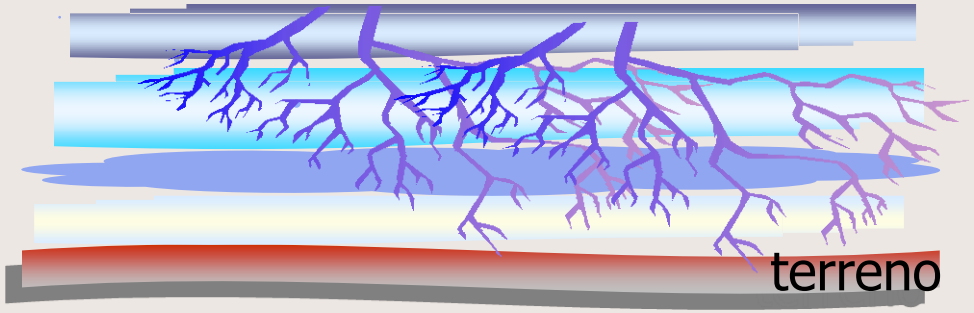
METAMORFISMO PER FUSIONE

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*, legando le forme dei cristalli tra di loro, si tratta di "coesione per capillarità" (allo stesso modo in cui i grani di sabbia si legano fra di loro).



METAMORFISMO PER FUSIONE

Ma quando l'acqua di fusione diventa abbondante, i legami tra i cristalli sono rapidamente distrutti e il manto nevoso diventa scivoloso, può mettersi in movimento causando valanghe di neve a debole coesione, umida o bagnata.

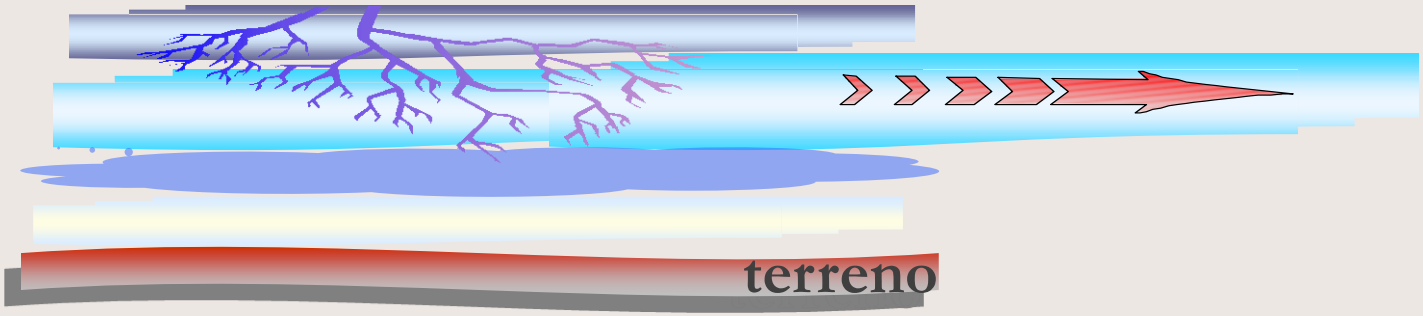


- Se la temperatura ritorna sotto lo 0°C l'acqua di fusione gela cementando tra loro i cristalli di neve, coesione per rigelo, formando croste di neve gelata, anche dello spessore di qualche decina di cm..

METAMORFISMO PER FUSIONE

NOTIZIE

- la neve di fusione o primaverile a grani grossi (più di 1 mm di D) si forma per fusione e successivo rigelo
- se l'acqua di fusione è trattenuta da uno strato impermeabile si crea uno "strato lubrificante" che può servire da superficie di slittamento ai lastroni di neve bagnata, detta valanga di superficie



METAMORFISMO PER FUSIONE

NOTIZIE

La neve primaverile gelata è molto dura: di conseguenza i pendii di neve primaverile gelata sono sicuri.
Ma attenzione, generalmente sotto questi strati gelati si può trovare della neve marcia, neve bagnata e senza consistenza, con il primo freddo al tramonto la formazione di acqua in superficie è sospesa; si forma una crosta dura di superficie anche di spessore da 10 a 20 cm.. All'interno la temperatura resta tuttavia assai elevata e il movimento dell'acqua perdura ancora per ore verso gli strati più profondi.
Conseguenza: sui pendii fortemente soleggiati il pericolo di valanghe si protrae a lungo, pure di notte. Queste valanghe scivolano prevalentemente sull'erba che agisce da superficie di scorrimento.

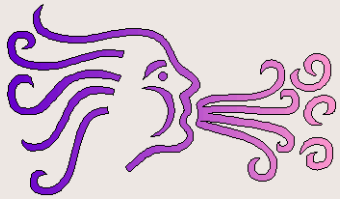
METAMORFISMO PER FUSIONE

NOTIZIE

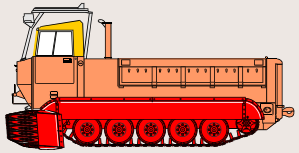
In condizioni primaverili medie, la neve fonde ad una velocità di circa 5 cm. al giorno; un manto nevoso di 1 m. di spessore svanisce in circa 20 giorni.
Il manto nevoso che ha subito l'alternanza di processi di fusione e rigelo è diventato duro e compatto; la massa volumetrica è superiore a 500 kg/mc - glacio nevato -
Il ghiaccio dei ghiacciai ha una massa volumica prossima a 900 kg/ mc

ALTRI METAMORFISMI

Tra i più importanti è opportuno ricordare il vento, che con la sua azione di trasporto della neve, ne produce lo sbriciolamento sino a ridurre icristalli a polvere.



Il passaggio di persone, di animali o meglio dei battipista, che accelerano il processo di sinterizzazione.



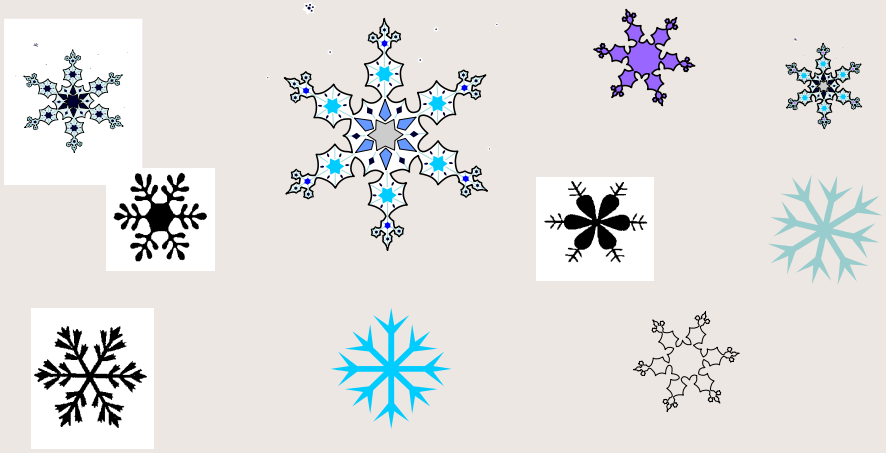
In ambiente naturale la stessa neve esercita una pressione con il proprio peso; il peso della neve fresca varia da 30 a 200 kg/ mc esercitando una pressione sugli strati inferiori che, indipendentemente da altri metamorfismi, tende ad avvicinare i cristalli e ad aumentare la resistenza dello strato.

SIMBOLOGIA DELLA NEVE

NEVE FRESCA	Precipitazione in corso o recente – cristalli praticamente intatti	0,5 – 5 mm	+ +
METAMORFISMO PER GRADIENTE	**debole - fase iniziale** cristalli ancora riconoscibili	0,5 – 3 mm	λ λ
	debole - fase avanzata grani fini a contorni arrotondati	0,5 mm	• •
	medio grani a facce piane e striate	0,5 – 1,5 mm	□ □
	elevato grani cavi a forme piramidali	2 – 5 mm	Λ Λ
METAMORFISMO PER FUSIONE	Precipitazione in corso o recente – cristalli praticamente intatti	1,5 – 3 mm	o o

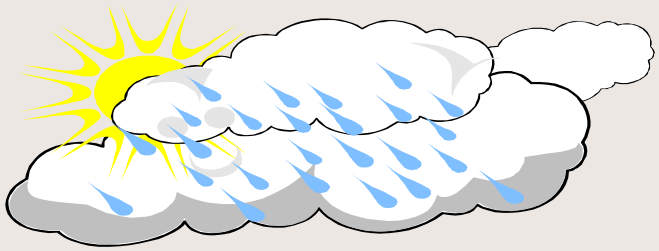
RIEPILOGO

- Il manto nevoso si forma per un flusso di massa di neve che dall'atmosfera cade al suolo

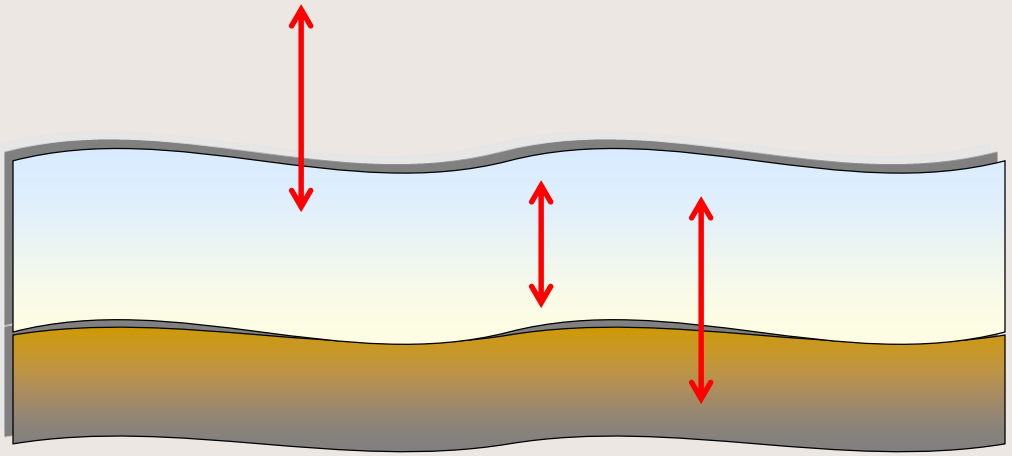


RIEPILOGO

Le differenze di temperatura tra il suolo, la neve e l'atmosfera innescano un flusso di calore che, a seconda delle situazioni, può istaurarsi con direzione dall'alto al basso o viceversa. Il flusso è direttamente proporzionale al gradiente termico.



atmosfera

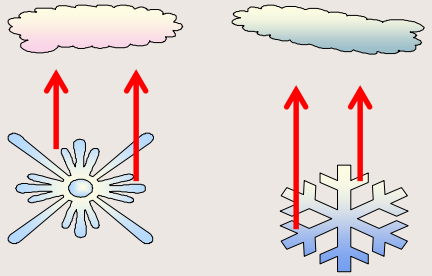


manto nevoso

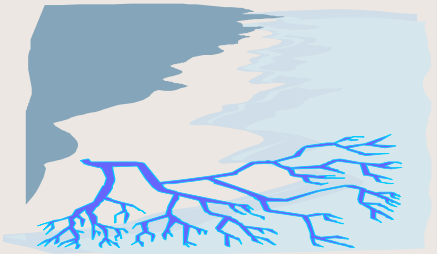
suolo

RIEPILOGO

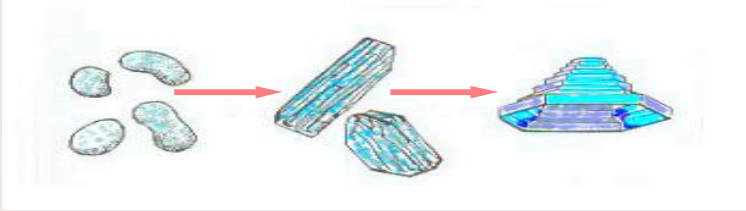
- Il flusso di calore genera un nuovo flusso di massa con direzione dal basso all'alto (vapor d'acqua)



- o con direzione opposta (acqua allo stato liquido)



Il flusso di massa si concretizza in un cambiamento di forma dei cristalli perché la materia H2O (vapore liquido) si è spostata. Il flusso di massa è direttamente proporzionale al flusso di calore.



CONCLUSIONE

- Ci sono rimasti dei dubbi?

?

- Lo sci-alpinismo è uno sport di grande soddisfazione, ma anche rischioso.
La conoscenza dei fenomeni,
seguire i bollettini dell'evoluzione del tempo,
una programmazione attenta a tavolino,
un controllo dei particolari,
una puntigliosa osservazione sul terreno durante la gita,
sono ottimi presupposti per non sbagliare e non commettere errori irreparabili.
Saggezza e prudenza sono i principali requisiti per gite serene, anche con il tempo incerto (con una programmazione accorta) si può uscire, esistono valloni sicuri conoscendone le caratteristiche.

foto di G. Mangianti (Domodossola)

BUONE GITE