



Mauro.valt@gmail.com

meteo e neve al suolo

di mauro valt



Avvertenze:

- **Questa lezione è stata realizzata in modo amatoriale per illustrare le diverse problematiche della neve e della meteorologia alpina**
- **La trattazione è semplificata per facilitare l'apprendimento nel percorso formativo Sicurezza PFC-S Ex Eurosicurità**

• **Mauro Valt**

Neve

Station code: MORN2

Station type: AWS_SNOW

Station name: Monti Alti Di Ornella Cae

Elevation: 2227 m a.s.l.

Charts

Stratigraphies

Tables

Aspect

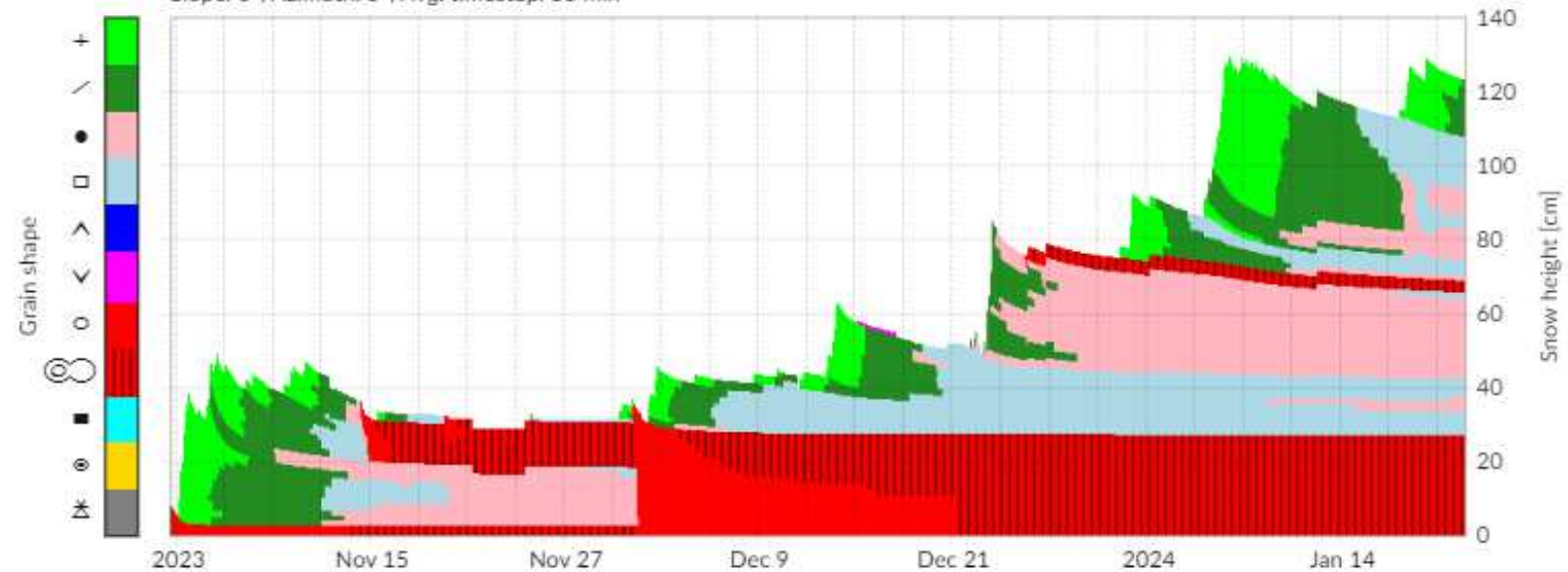
Main

Time period

Current season

1/10/2023 - 21/1/2024

Monti Alti Di Ornella Cae (46.4765° N 11.8859° E), 2227m
Slope: 0°, Azimuth: 0°, Avg. timestep: 60 min





La neve

definizione

Con in termine **neve** vengono identificati due diversi tipi di acqua allo stato solido:

La **neve in formazione in atmosfera** e che sta precipitando al suolo;

La **neve accumulatasi al suolo** in strati (manto nevoso): essa è costituita da un **corpo solido e poroso** formato da **cristalli e/o grani di ghiaccio**, eventuali **impurità** (polveri ...) e da **pori**.

I pori possono contenere **aria (neve secca)** o **acqua (neve umida ... fradicia)** ed eventualmente altre impurità liquide.

Neve al suolo



Quindi, quando la neve arriva al suolo...

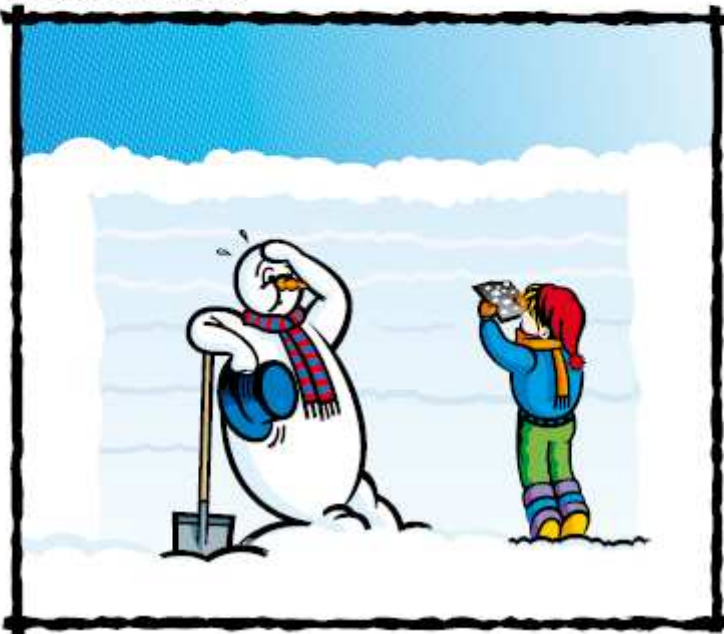
- La neve è soggetta a continui mutamenti a causa della sua temperatura prossima al punto di fusione.
- Per METAMORFISMO si intende la trasformazione della neve governata da precise leggi e grandezze termodinamiche
- Del controllo dei processi sono responsabili soprattutto le seguenti leggi fisiche:
 - Tendenza dei cristalli ad assumere minor superficie esterna;
 - Le condizioni della pressione di vapor acqueo
 - Il trasporto di vapore per diffusione
 - Il bilancio energetico

meteorologiche,

Dopo una caduta movimentata, non appena depositato, il cristallo (che ormai si chiama grano) subisce ulteriori trasformazioni dette **metamorfismi**,

Essi proseguiranno fino alla fusione primaverile, a meno che, i grani caduti ad altitudini elevate, non diventino "neve perenne",

A seconda dell'umidità del manto nevoso e delle temperature, possono prodursi due tipi di **trasformazioni**.



I metamorfismi della neve asciutta



Il metamorfismo della neve umida



Metamorfismo della neve asciutta



Primo caso:
basso gradiente
di temperatura

Metamorfismo della neve asciutta

Primo caso

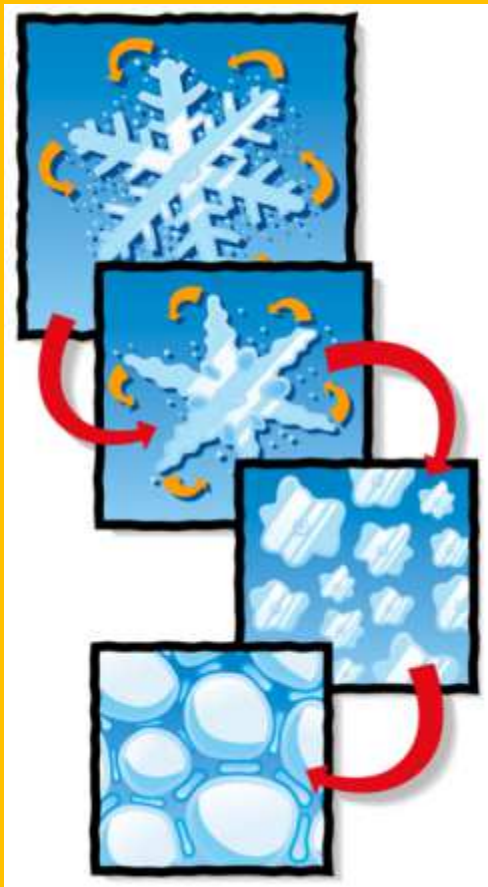
Questo metamorfismo si produce quando la variazione di temperatura nel manto nevoso è debole. I grani di neve si arrotondano. Le parti sporgenti si smussano trasformandosi in vapore che sublima nelle parti concave. Si ottengono **grani arrotondati** (simbolo ●), con diametro intorno a 0,5 mm, che si saldano tra loro attraverso ponti di ghiaccio.

Questo metamorfismo provoca l'assestamento e la coesione della neve. Il manto nevoso si stabilizza. Sulle piste, dopo il passaggio di mezzi battipista, si ottiene una neve molto compatta.



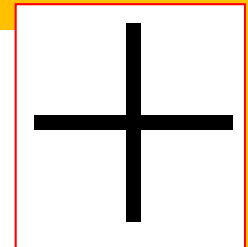
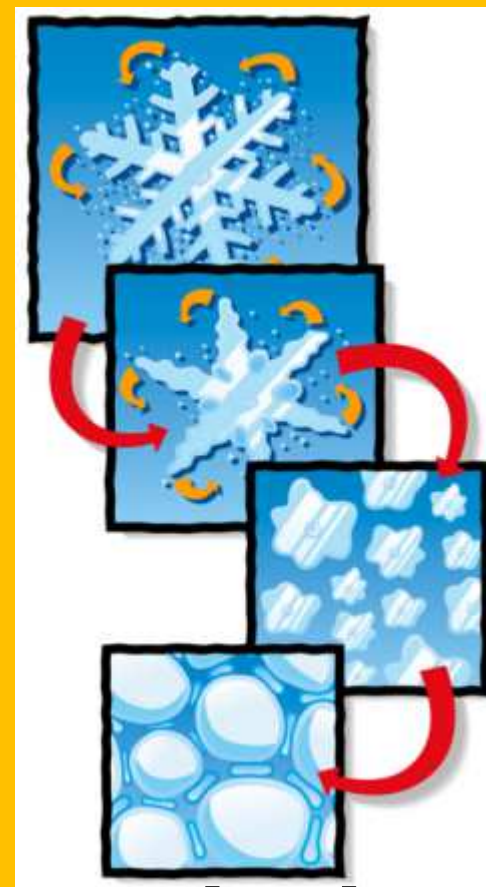
Primo caso:
basso gradiente
di temperatura

Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



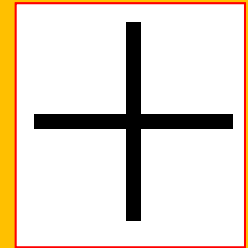
- **Condizioni:** ridotto gradiente di temperatura nel manto nevoso
- **Effetti:**
 - generale arrotondamento dei grani
 - Rafforzamento dello scheletro di ghiaccio
 - Aumento della densità
- **Velocità del processo:**
 - Dipende dalla temperatura, quasi nullo -40°C

Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



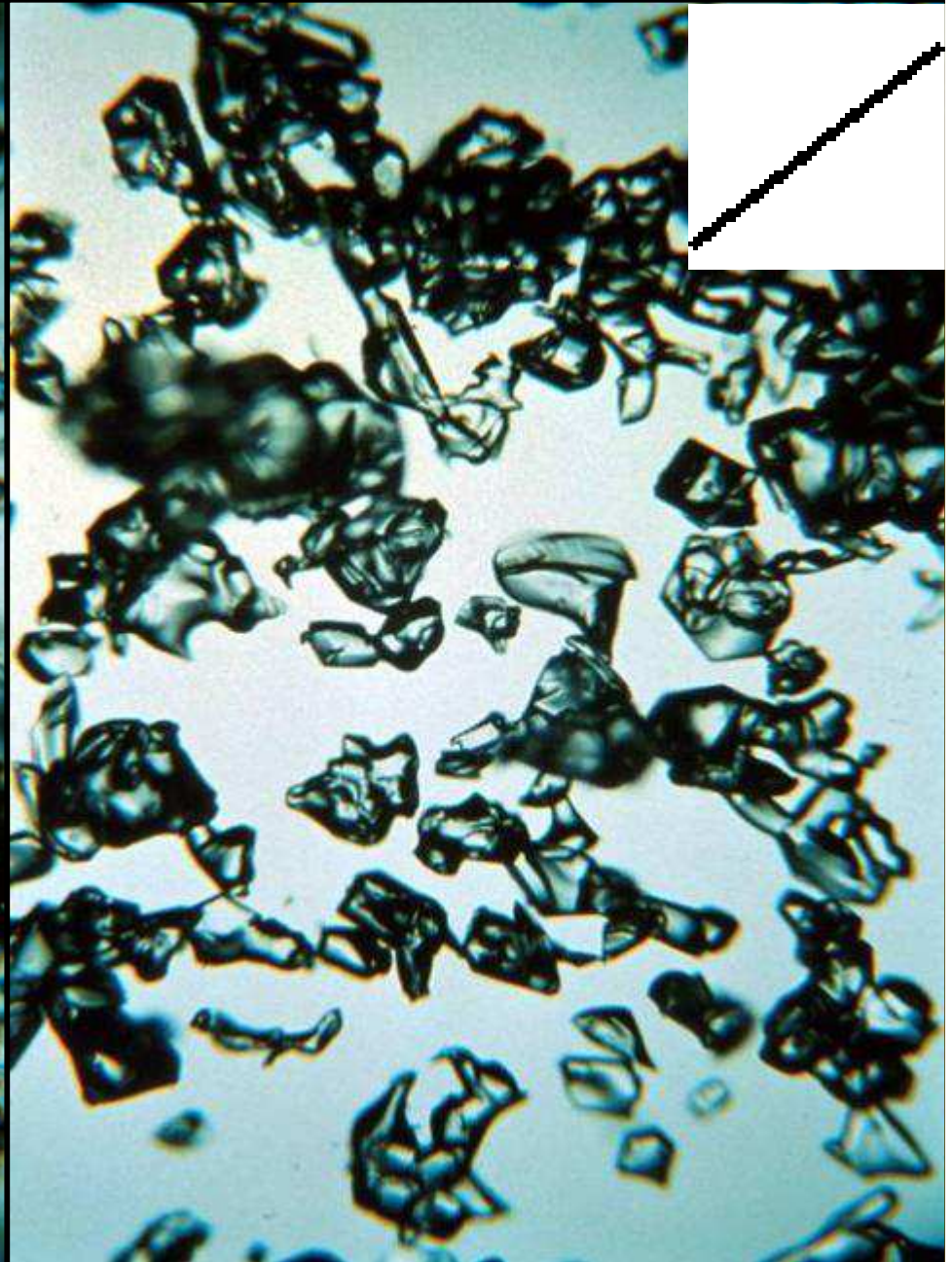
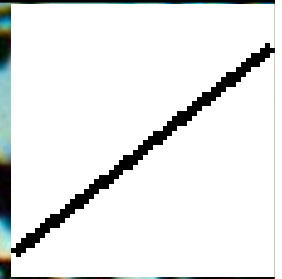
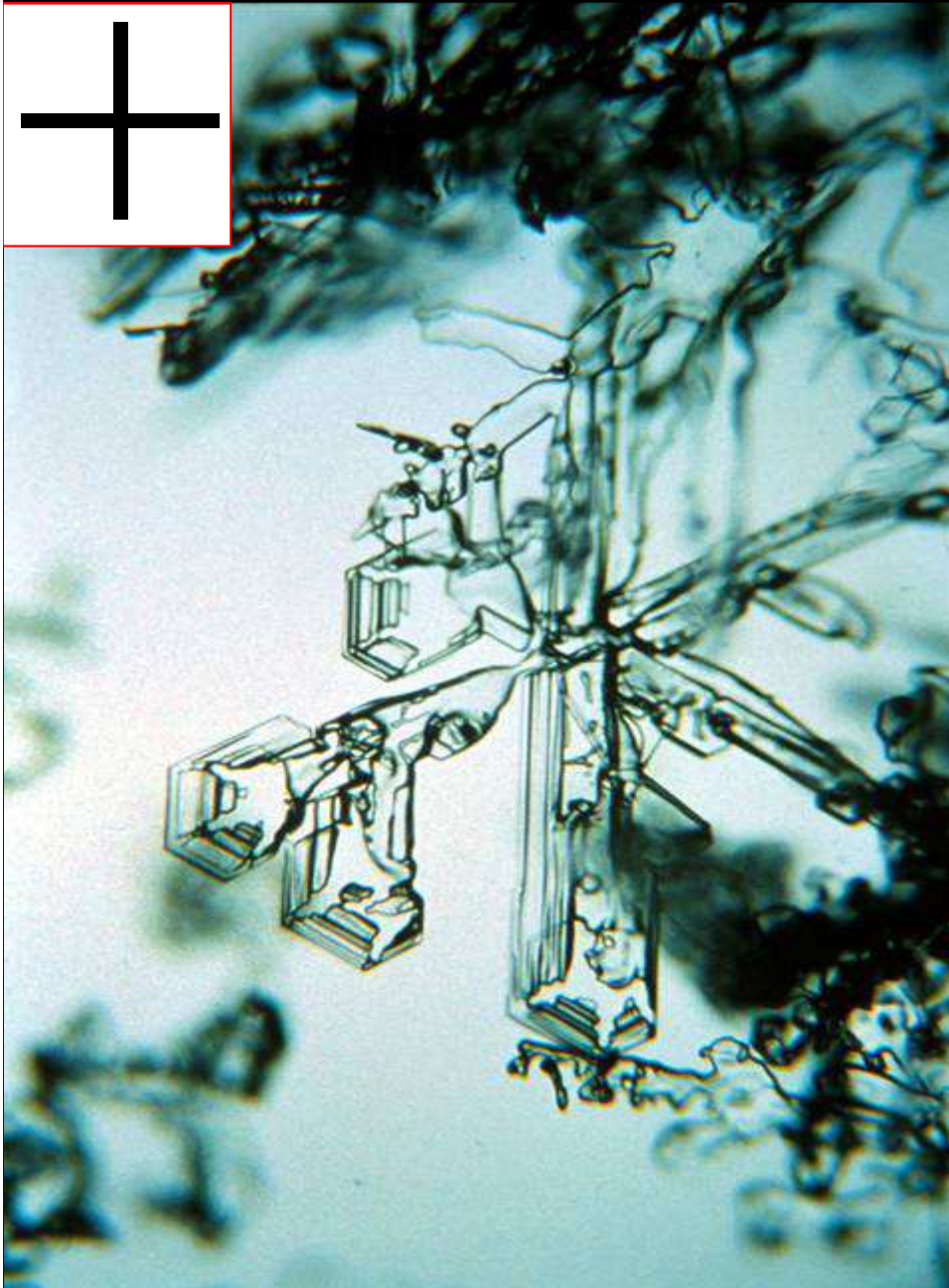
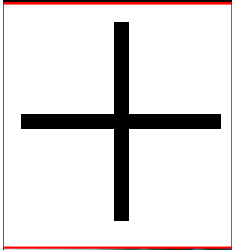
Particelle di precipitazione (PP)

Neve fresca PP

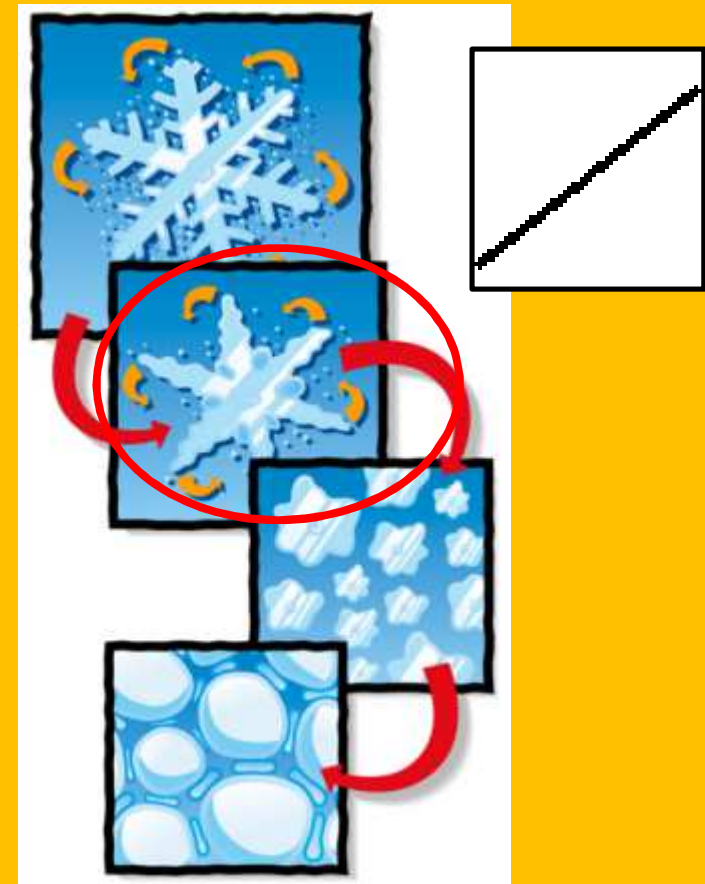
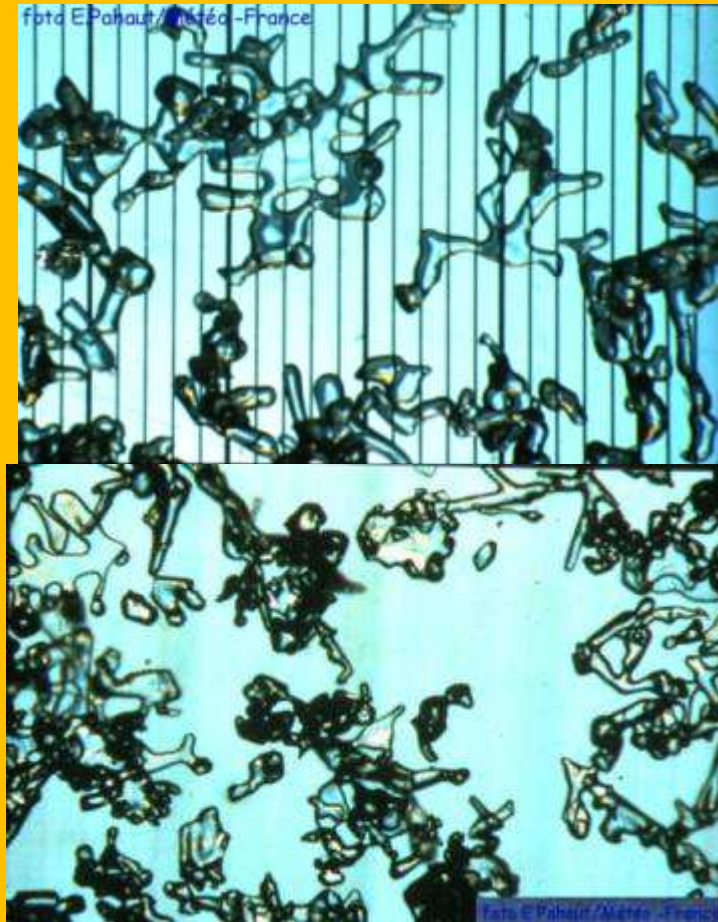


14 h

24 h



Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



Particelle frammentate (DF)

e*convesse>e*piatte>e*concave

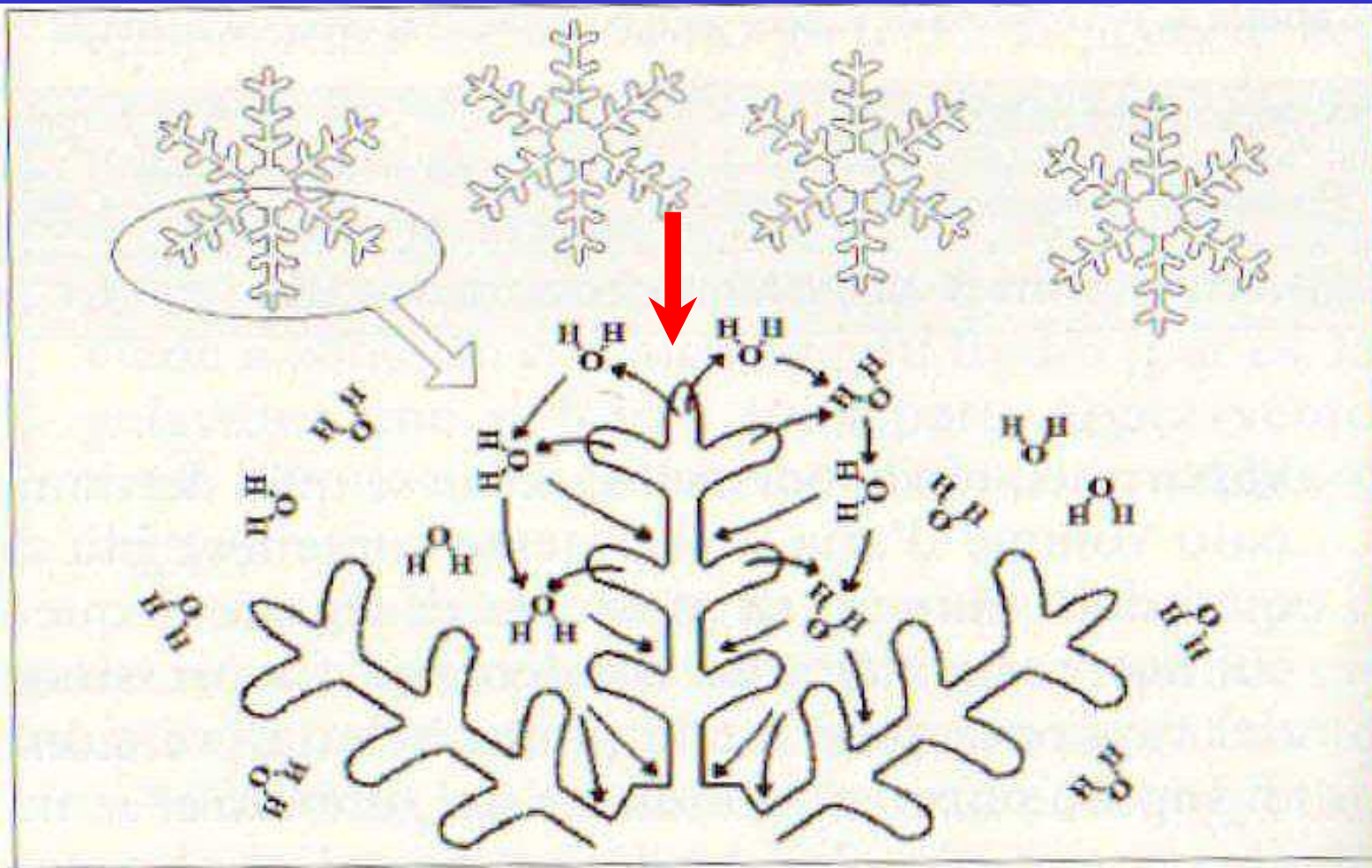
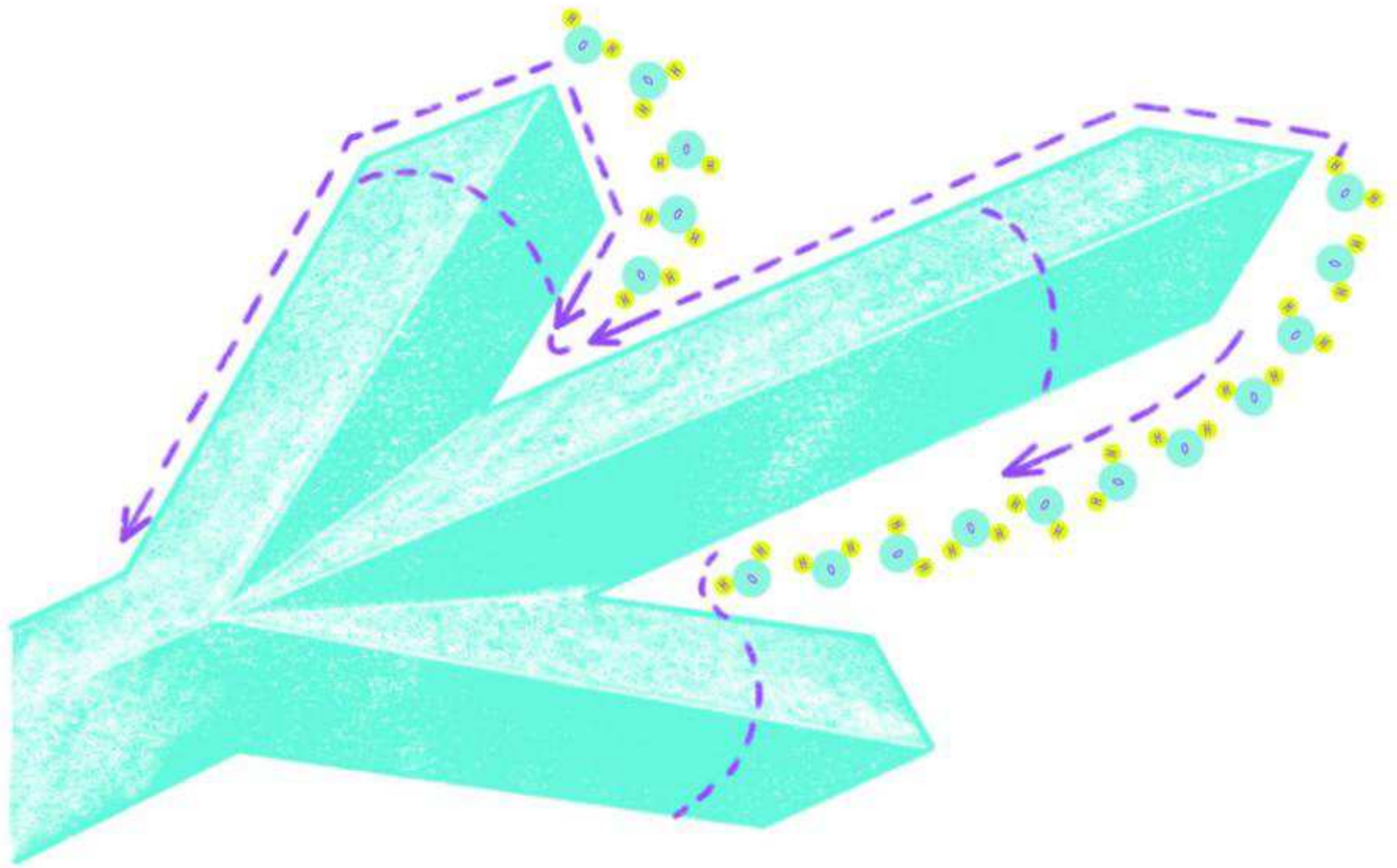


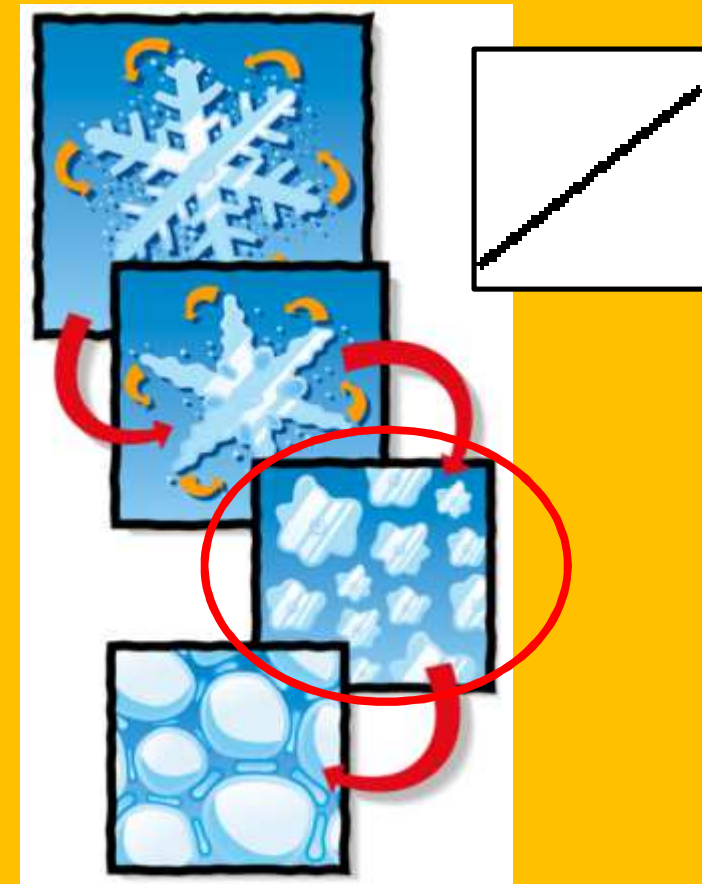
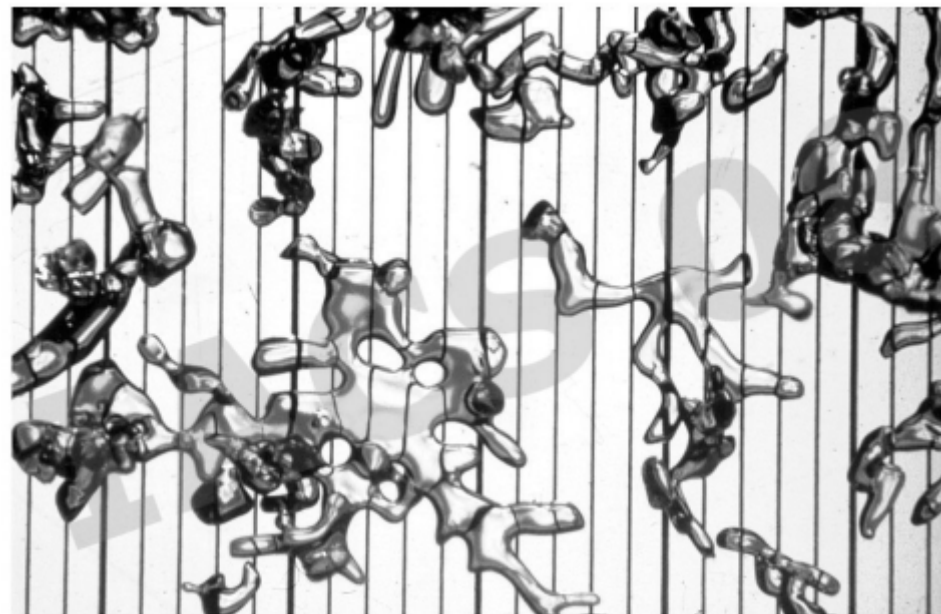
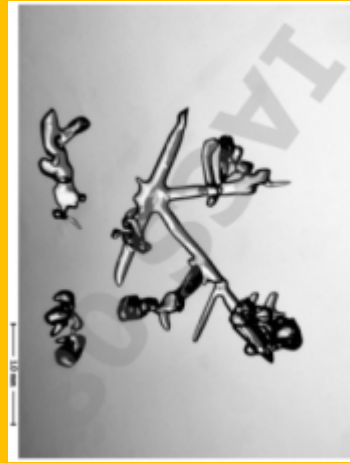
Figura 4.4

Rappresentazione del flusso di molecole all'interno di una stella di neve fresca. Le zone concave crescono a spese delle zone convesse.





Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura





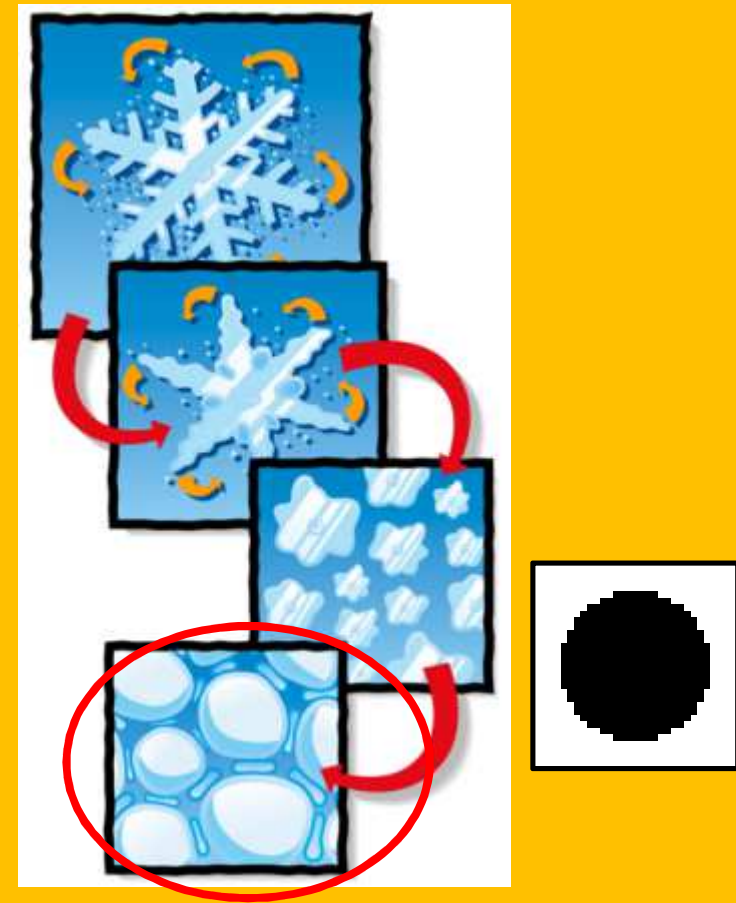
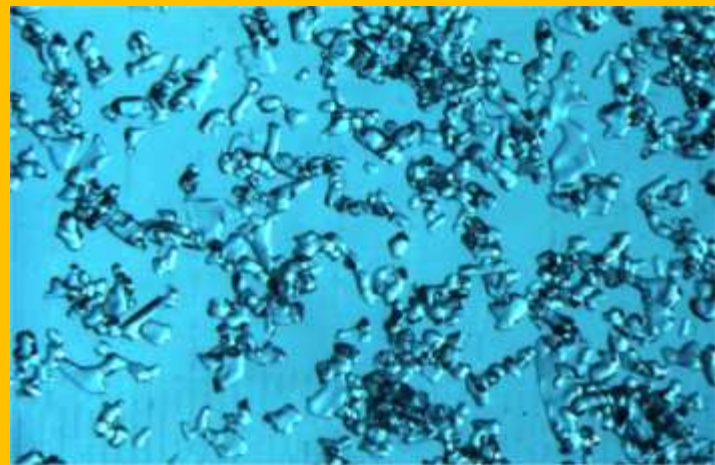
Particelle di precipitazione decomposte e frammentate da vento DFbk

< / ,.-



Lastrone soffice da vento

Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



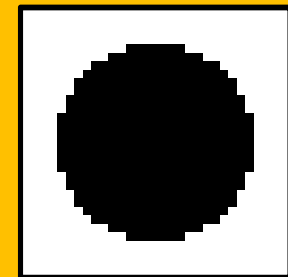
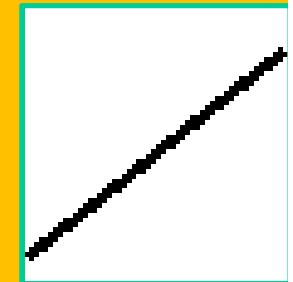
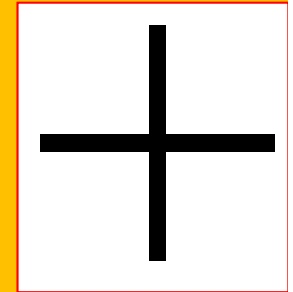
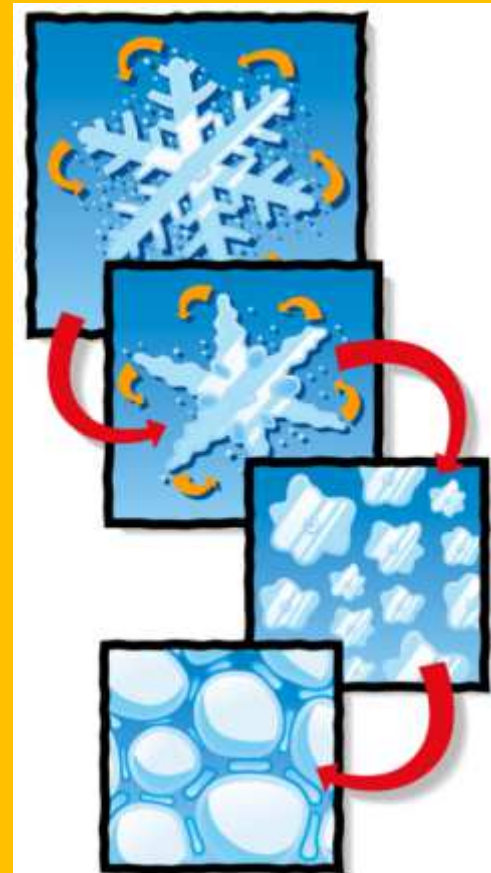
Grani arrotondati (RG)

Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura

Altri nomi dell'evoluzione
verso forme di equilibrio:

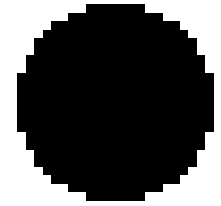
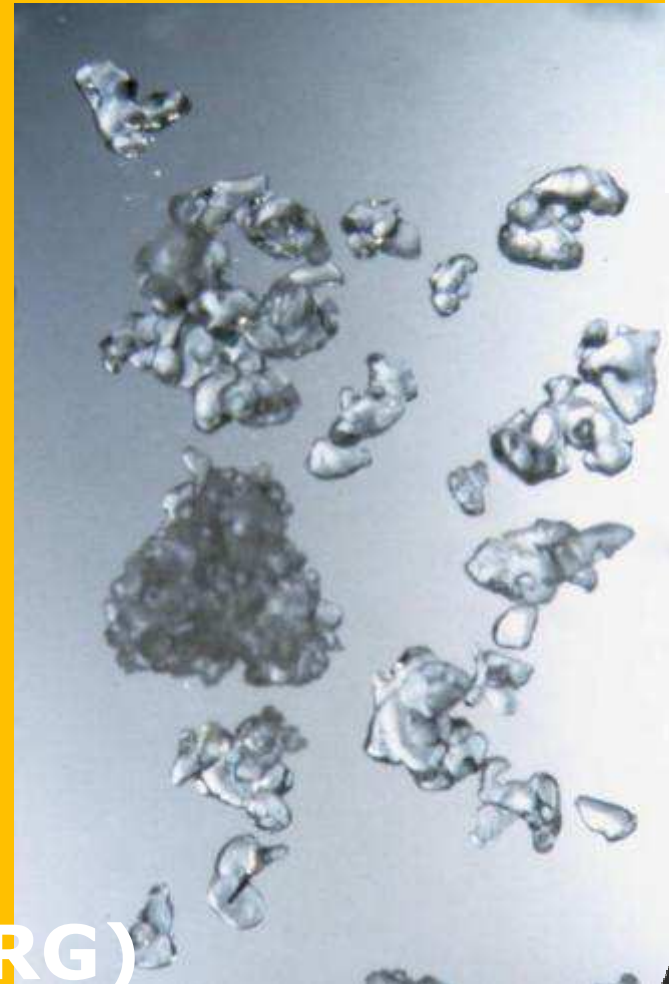
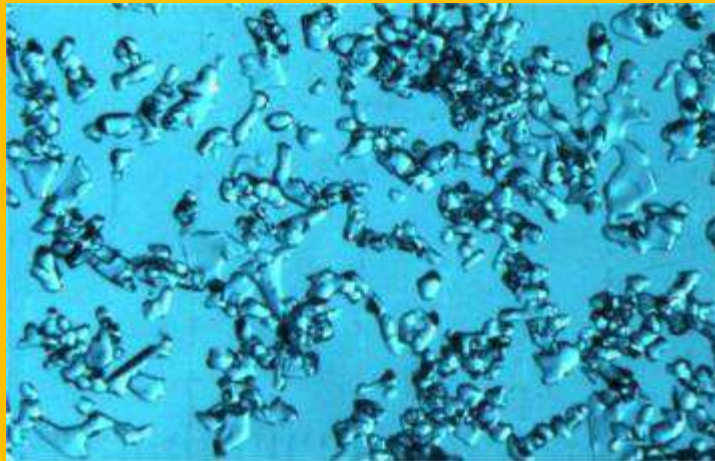
Metamorfismo distruttivo:
distruzione delle forme
originarie

**Metamorfismo da
equitemperatura:** lo strato di
neve ha poco gradiente al suo
interno



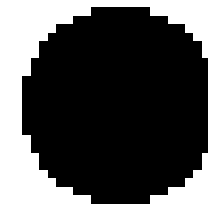
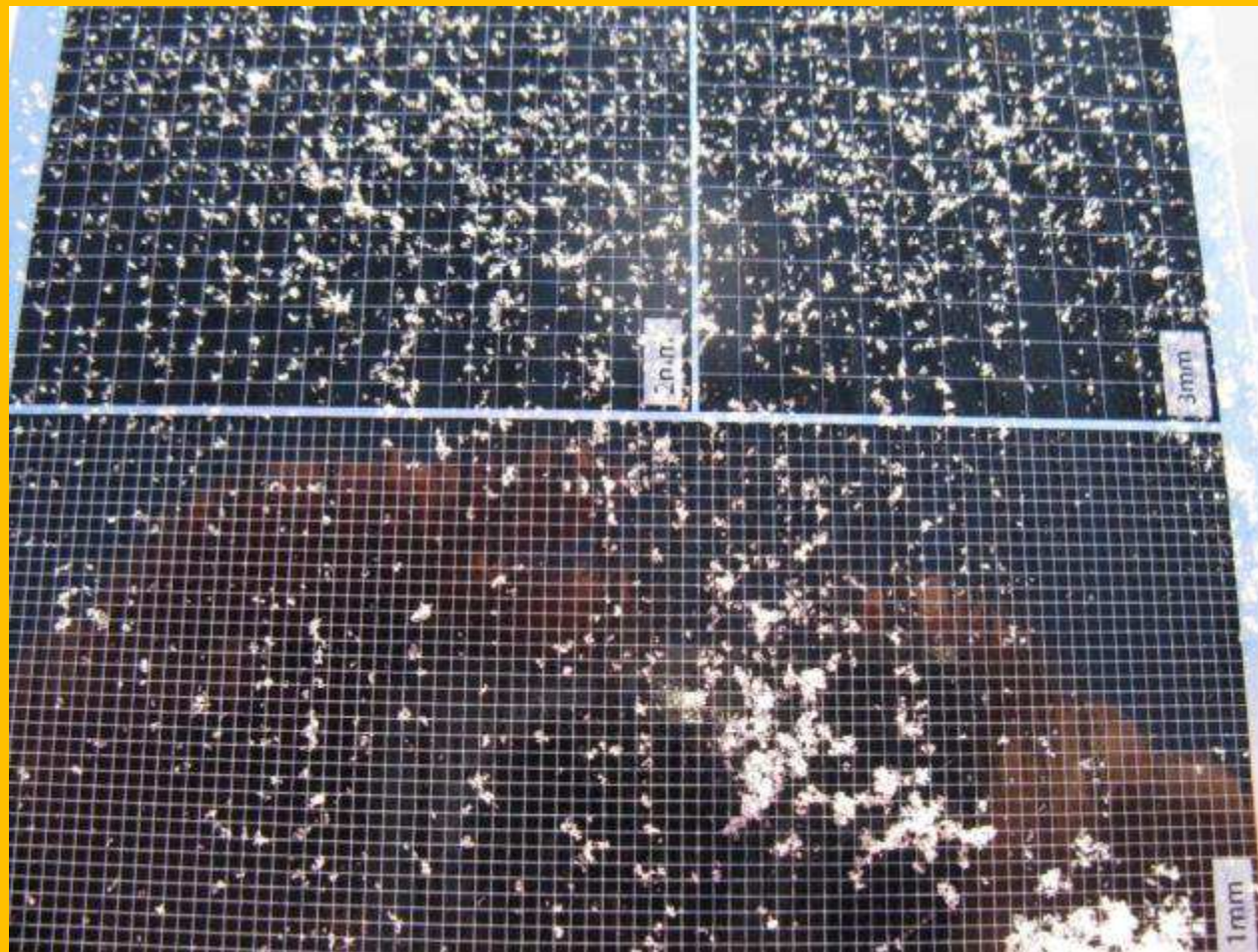
Piccole particelle arrotondate

- Particelle arrotondate di dimensioni inferiori a 0,5 mm, spesso ben legate

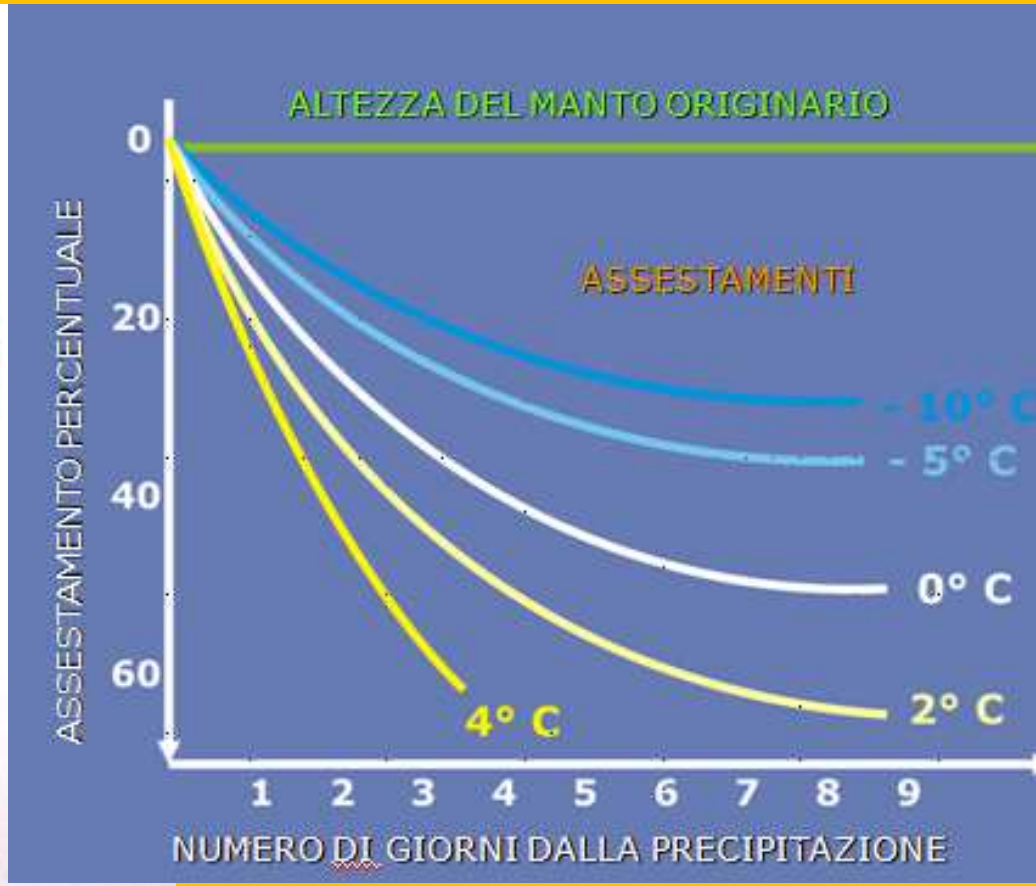


Grani arrotondati (RG)

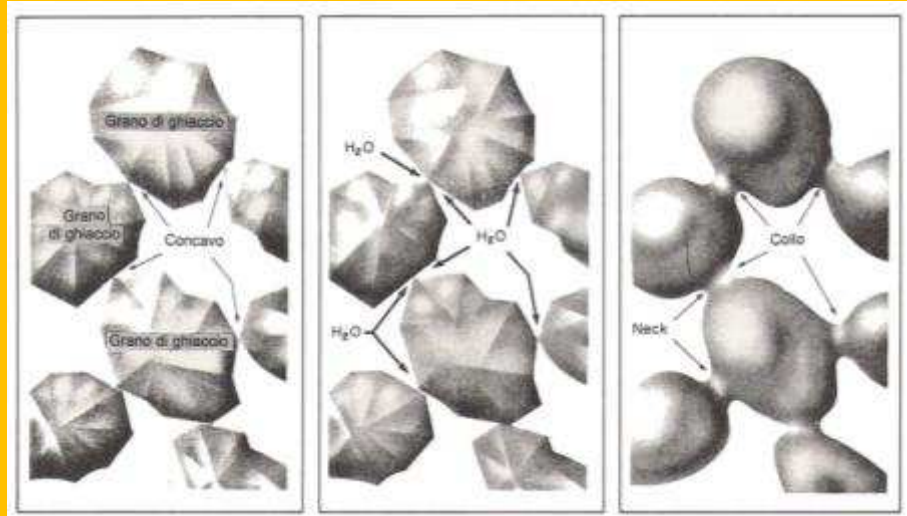
Particelle arrotondate



Velocità del processo



Sinterizzazione

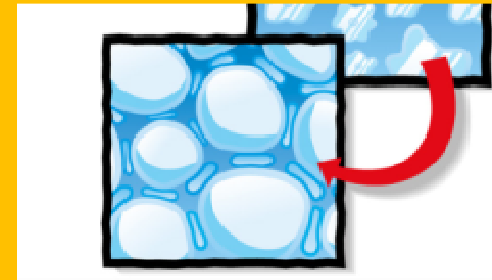


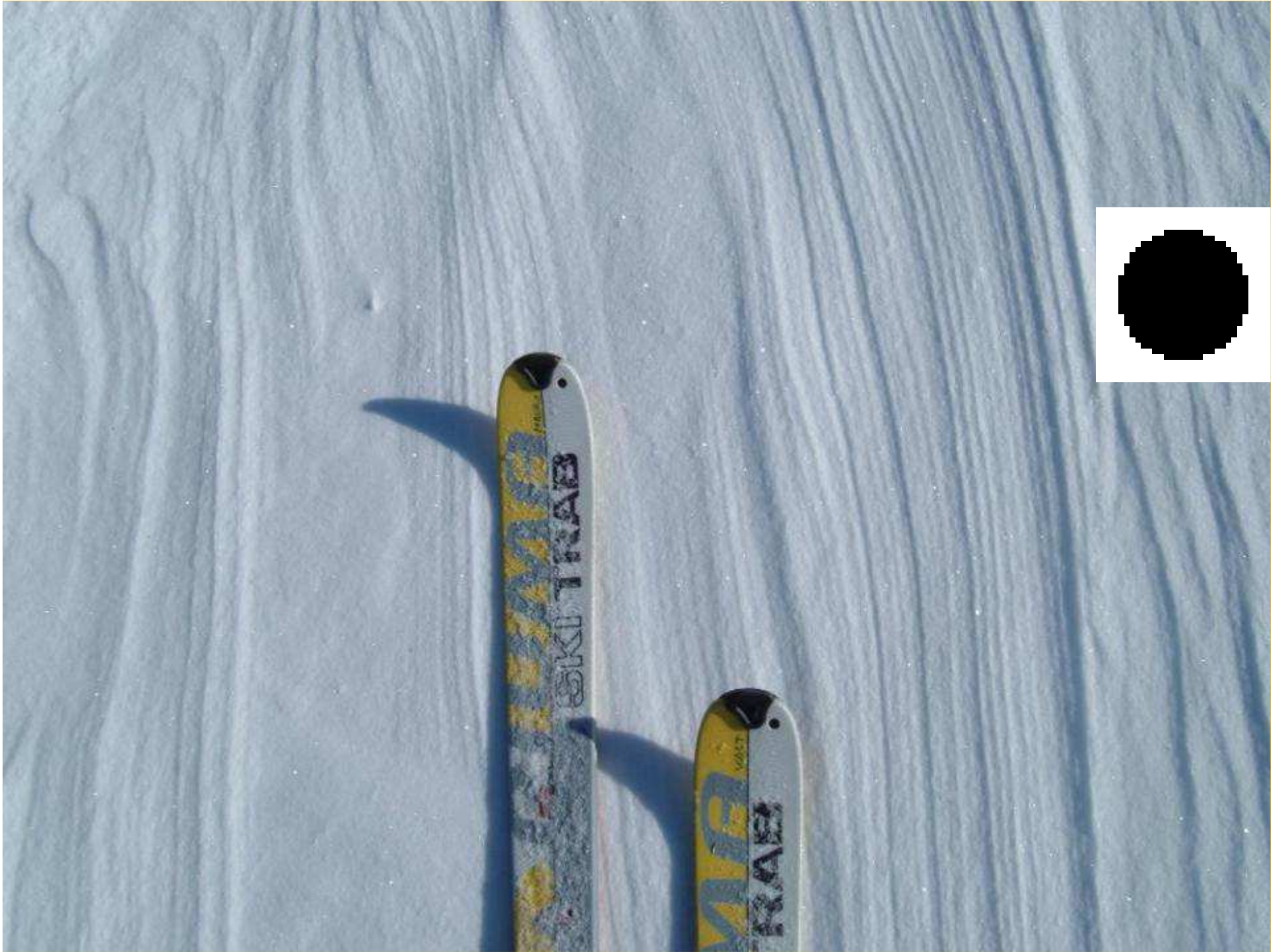
Sinterizzazione---ponti di ghiaccio

Primo caso

Questo metamorfismo si produce quando la variazione di temperatura nel manto nevoso è debole. I grani di neve si arrotondano. Le parti sporgenti si smussano trasformandosi in vapore che sublima nelle parti concave. Si ottengono **grani arrotondati** (simbolo ●), con diametro intorno a 0,5 mm, che si saldano tra loro attraverso ponti di ghiaccio.

Questo metamorfismo provoca l'assestamento e la coesione della neve. Il manto nevoso si stabilizza. Sulle piste, dopo il passaggio di mezzi battipista, si ottiene una neve molto compatta.



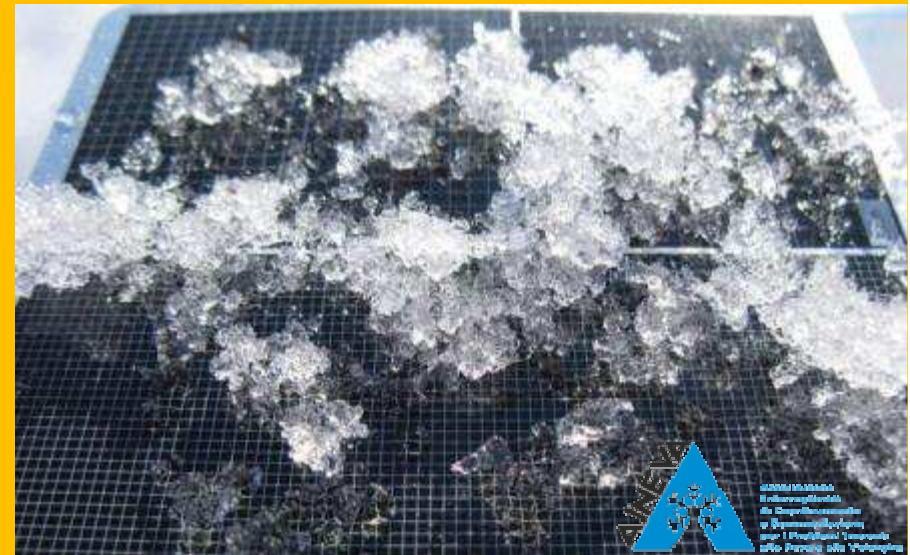
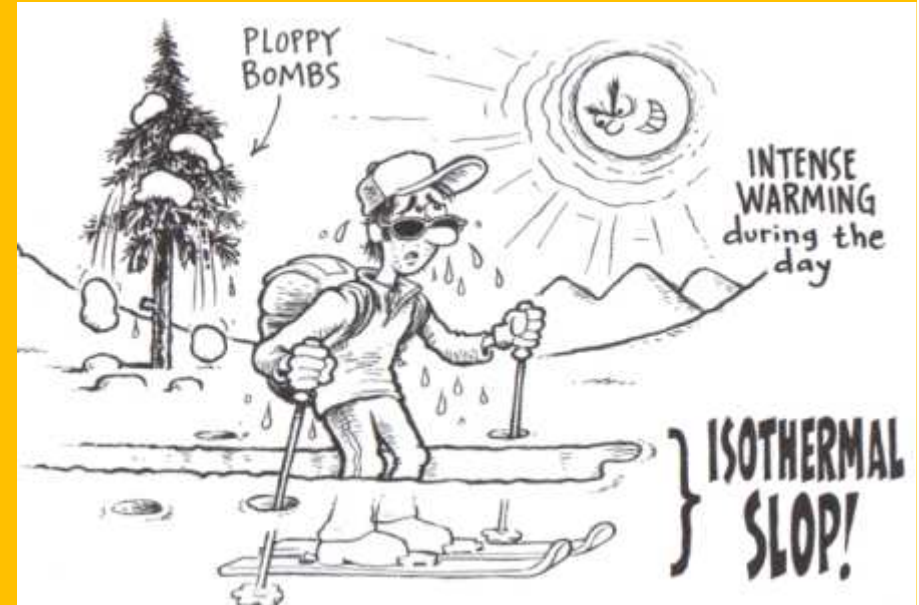


Il manto nevoso





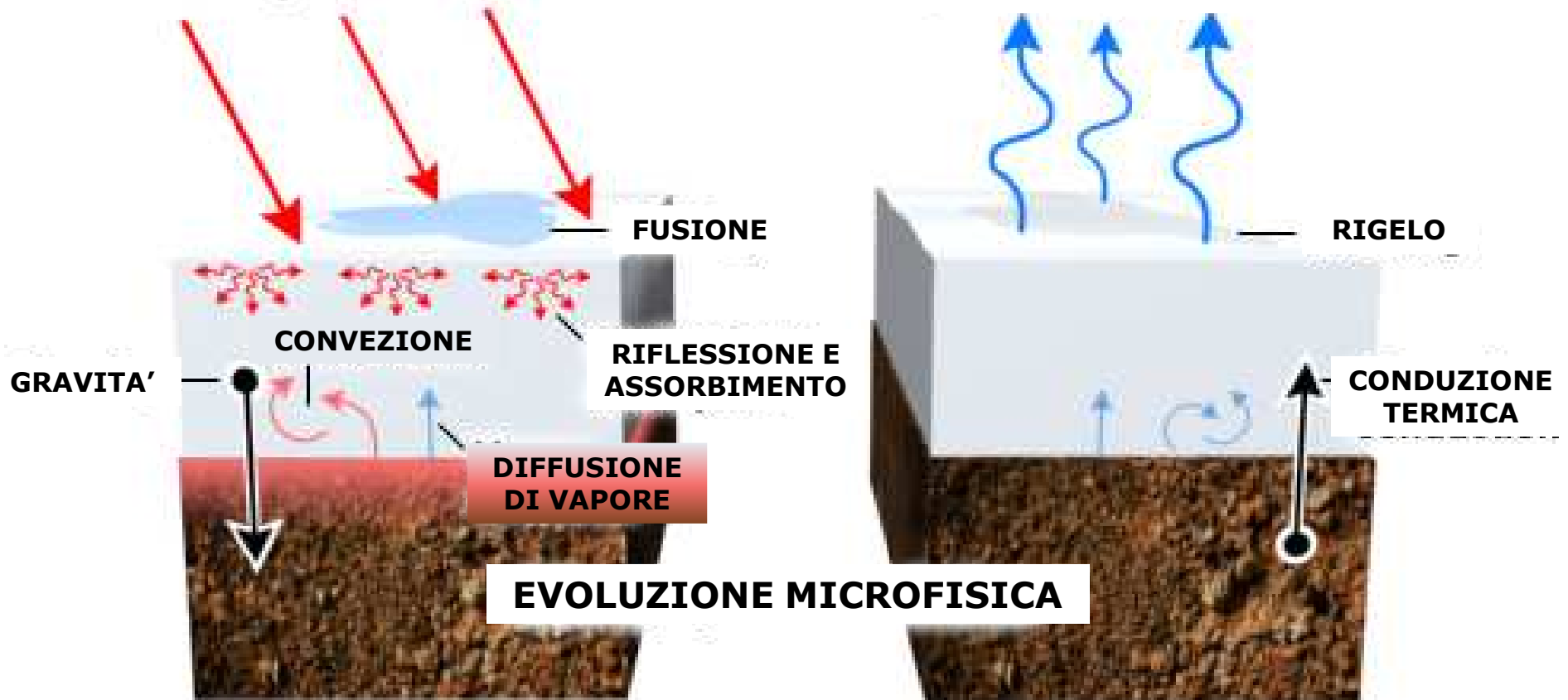
Le temperature elevate



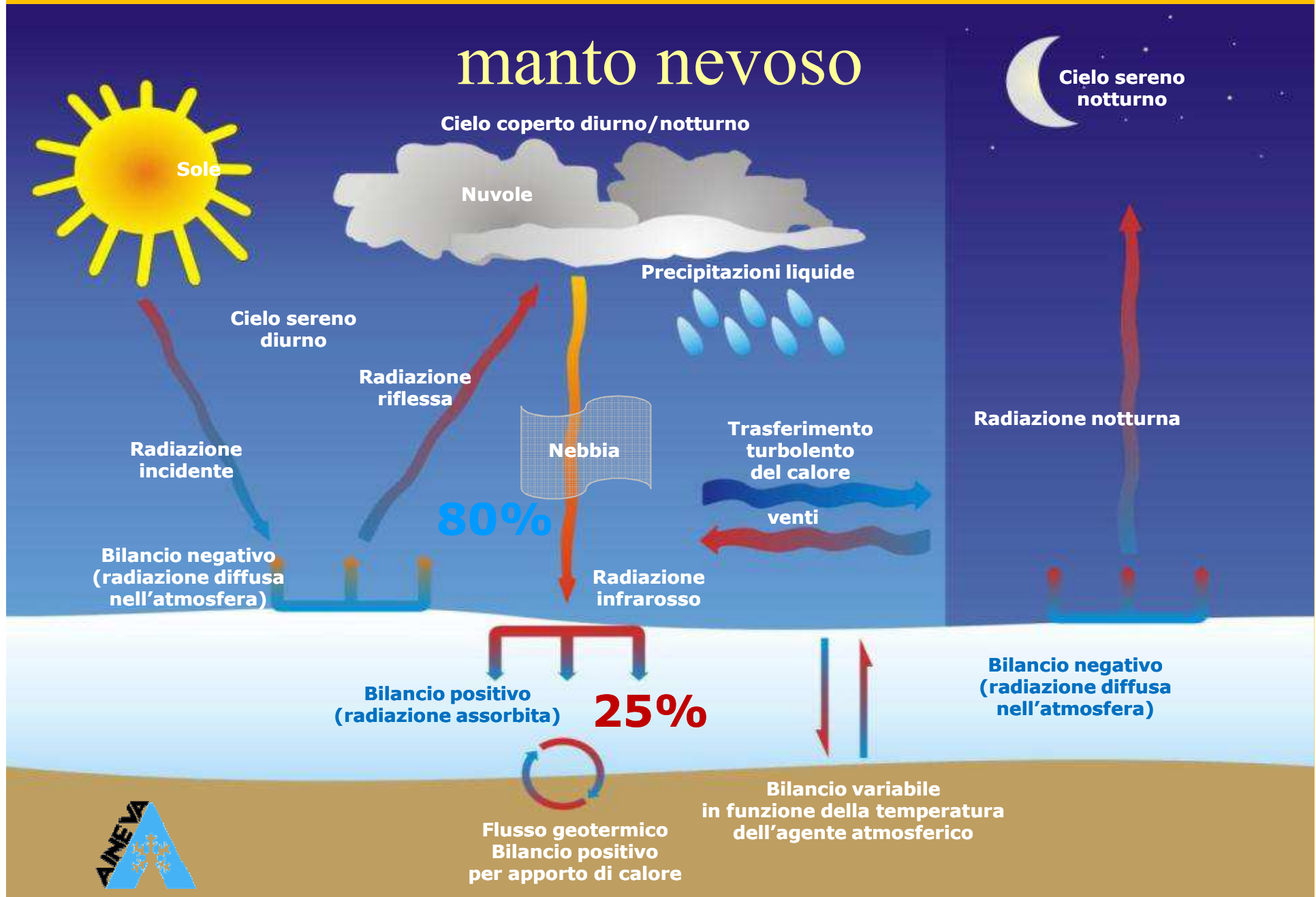
SCAMBI TERMICI MANTO / ATMOSFERA

DIURNO: RADIAZIONE AD ONDE CORTE ENTRANTE

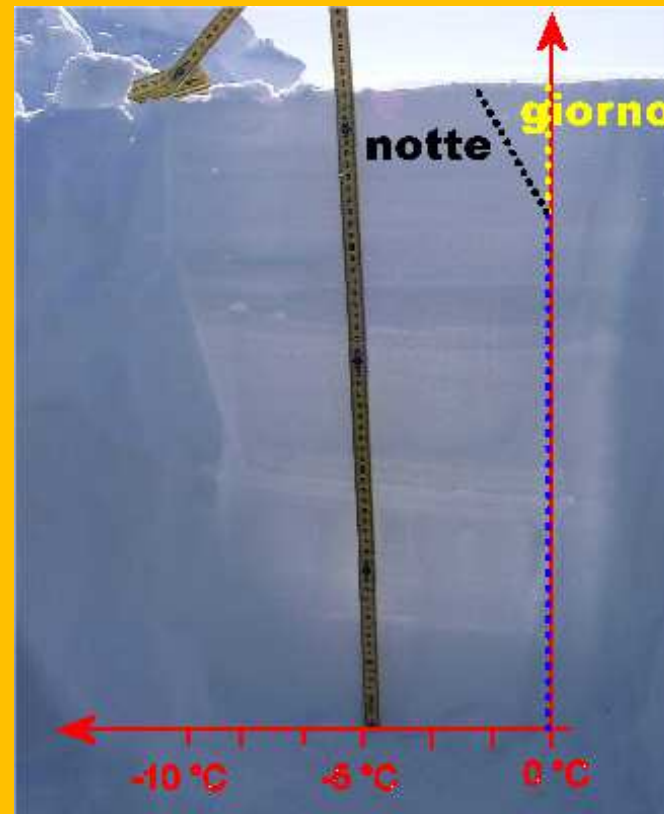
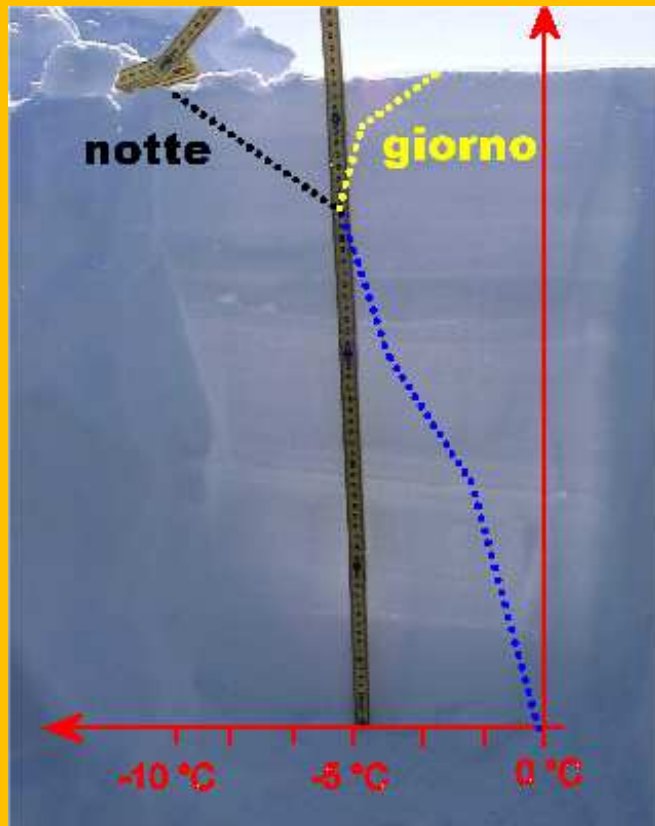
**NOTTURNO (CON CIELO SERENO):
RADIAZIONE AD ONDE LUNGHE USCENTE**



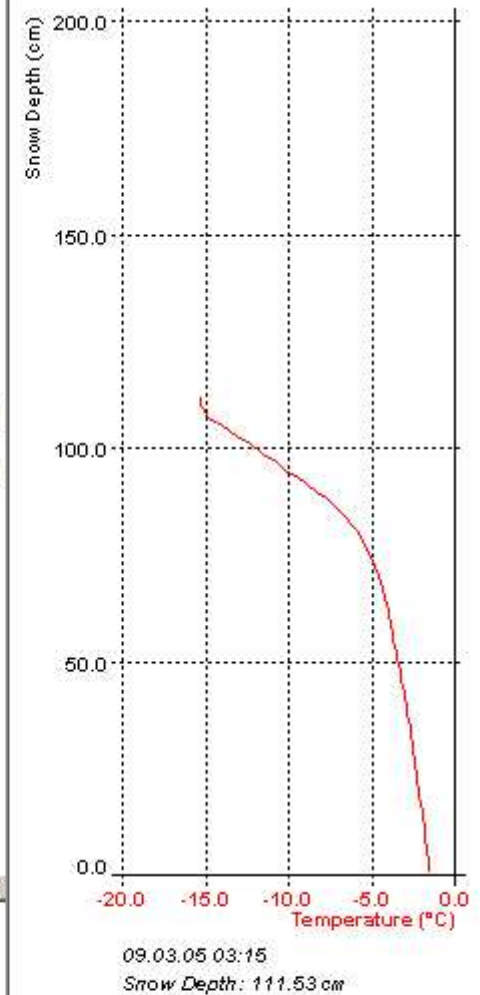
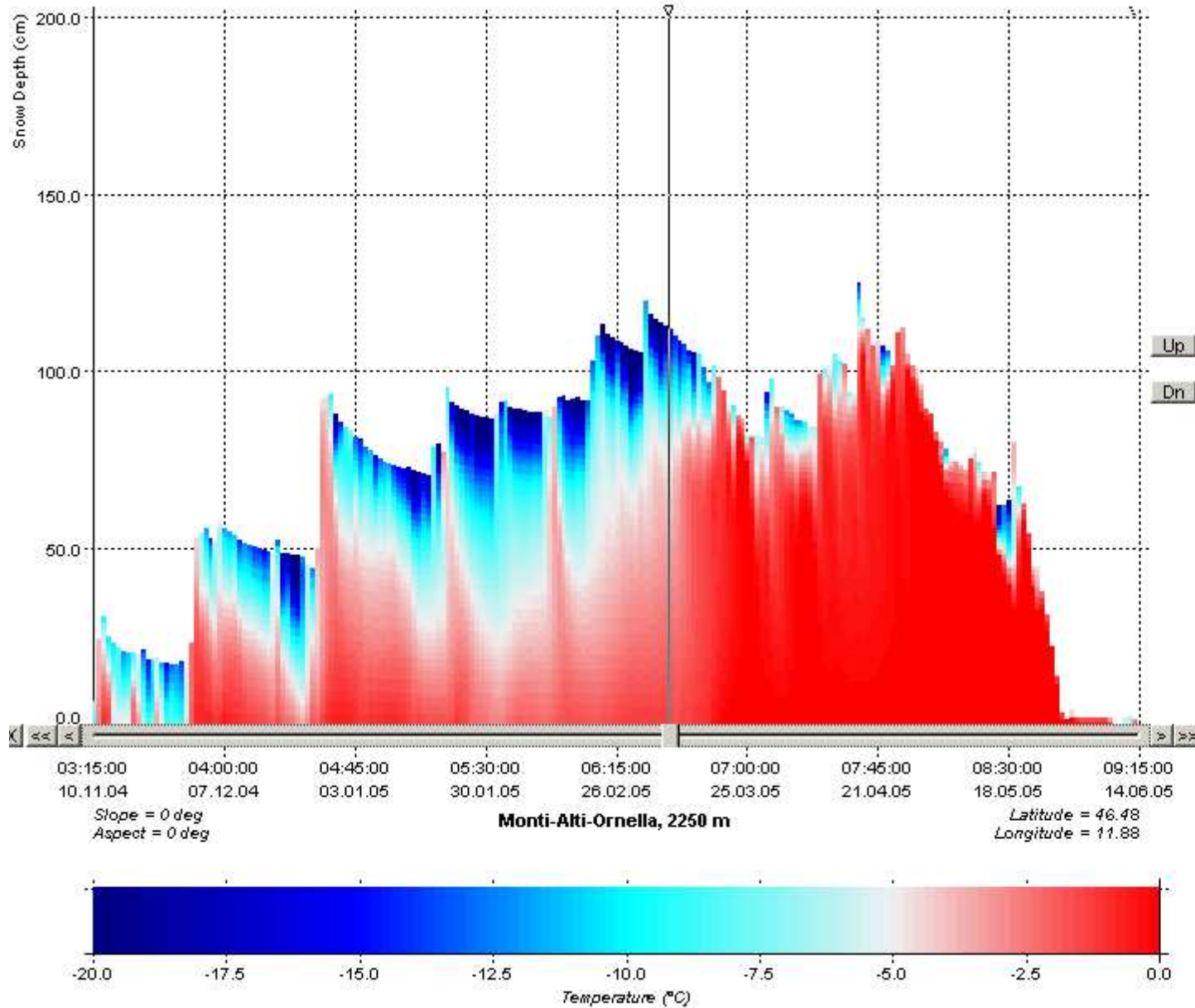
Fattori che influenzano l'evoluzione del manto nevoso

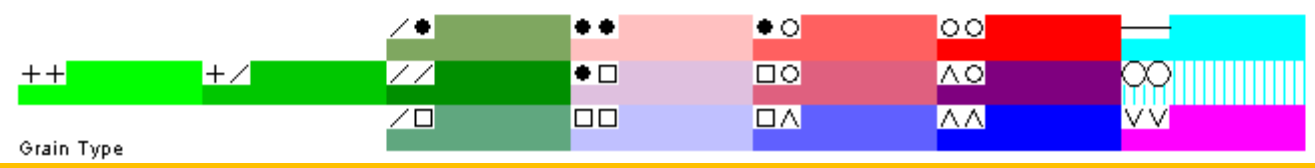
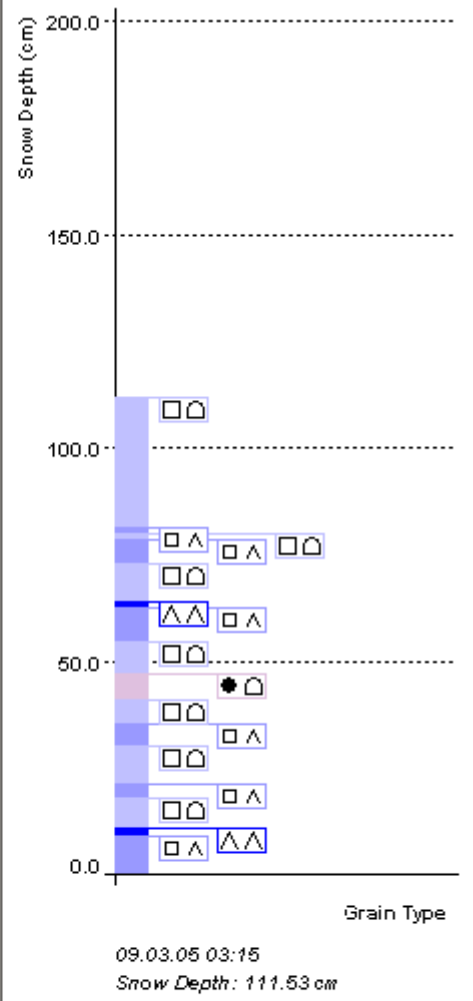
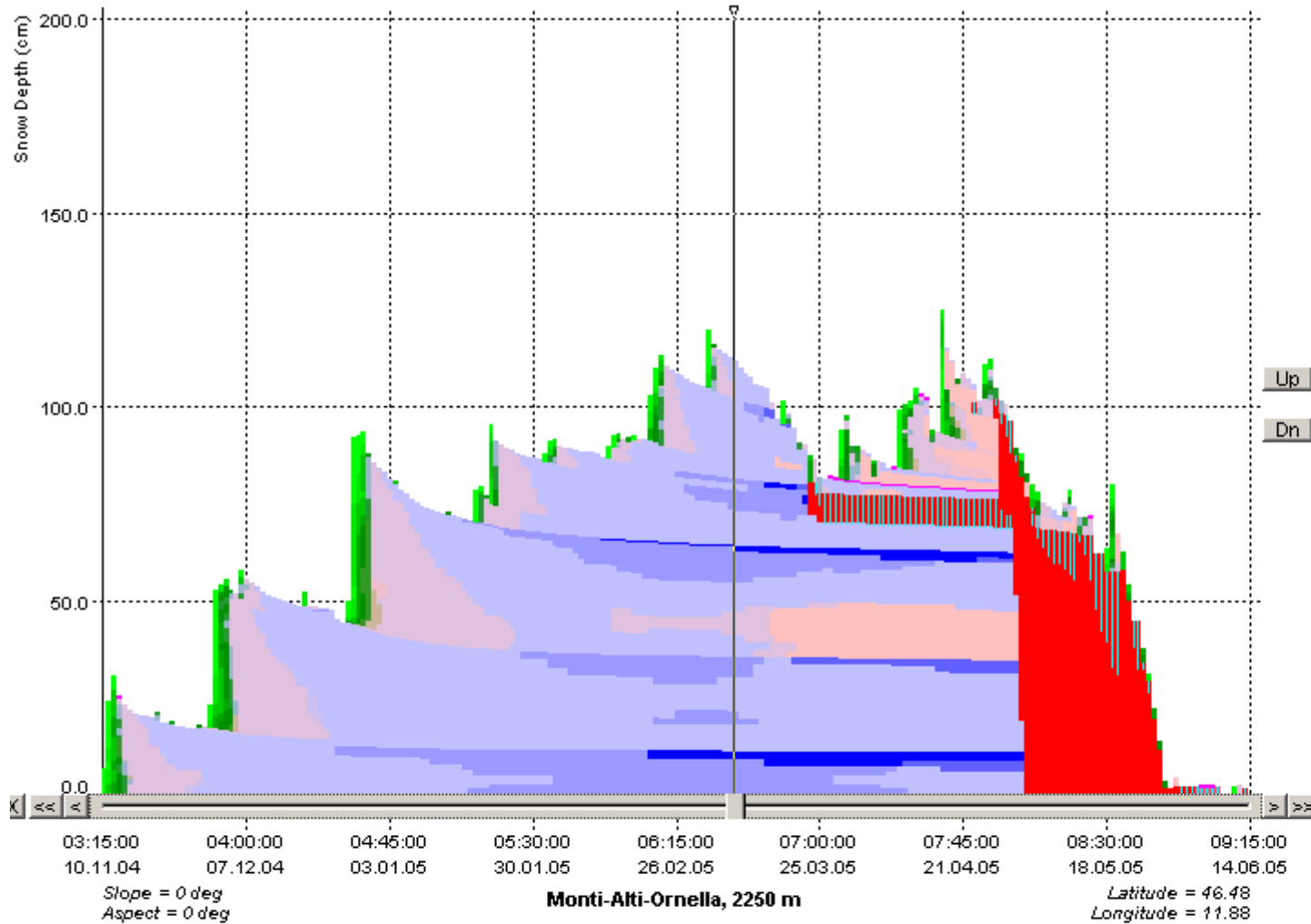


Temperatura della neve



- Esempio di influenza del calore del sole e del freddo della notte sulla temperatura della neve in inverno e in primavera

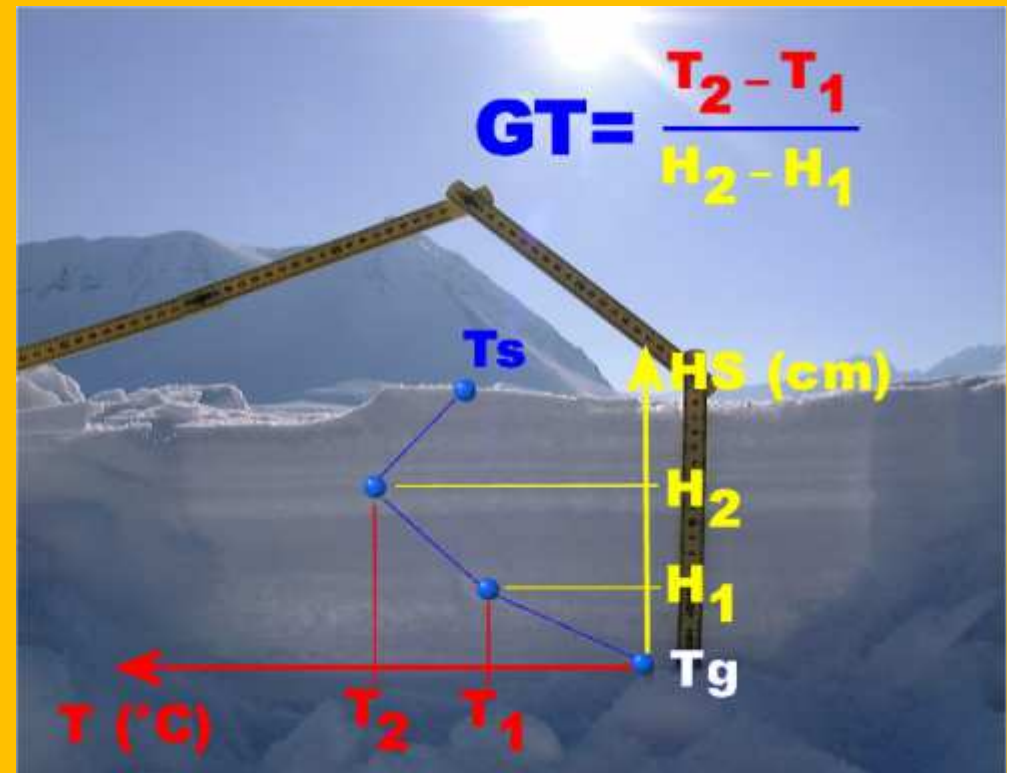




Che cosa è il gradiente di temperatura?

È la differenza di temperatura fra 2 punti espressa in °C/m o °C/cm per il manto nevoso.

Il gradiente di temperatura (TG) può essere determinato per l'intero manto nevoso, oppure per strati o parti del manto nevoso

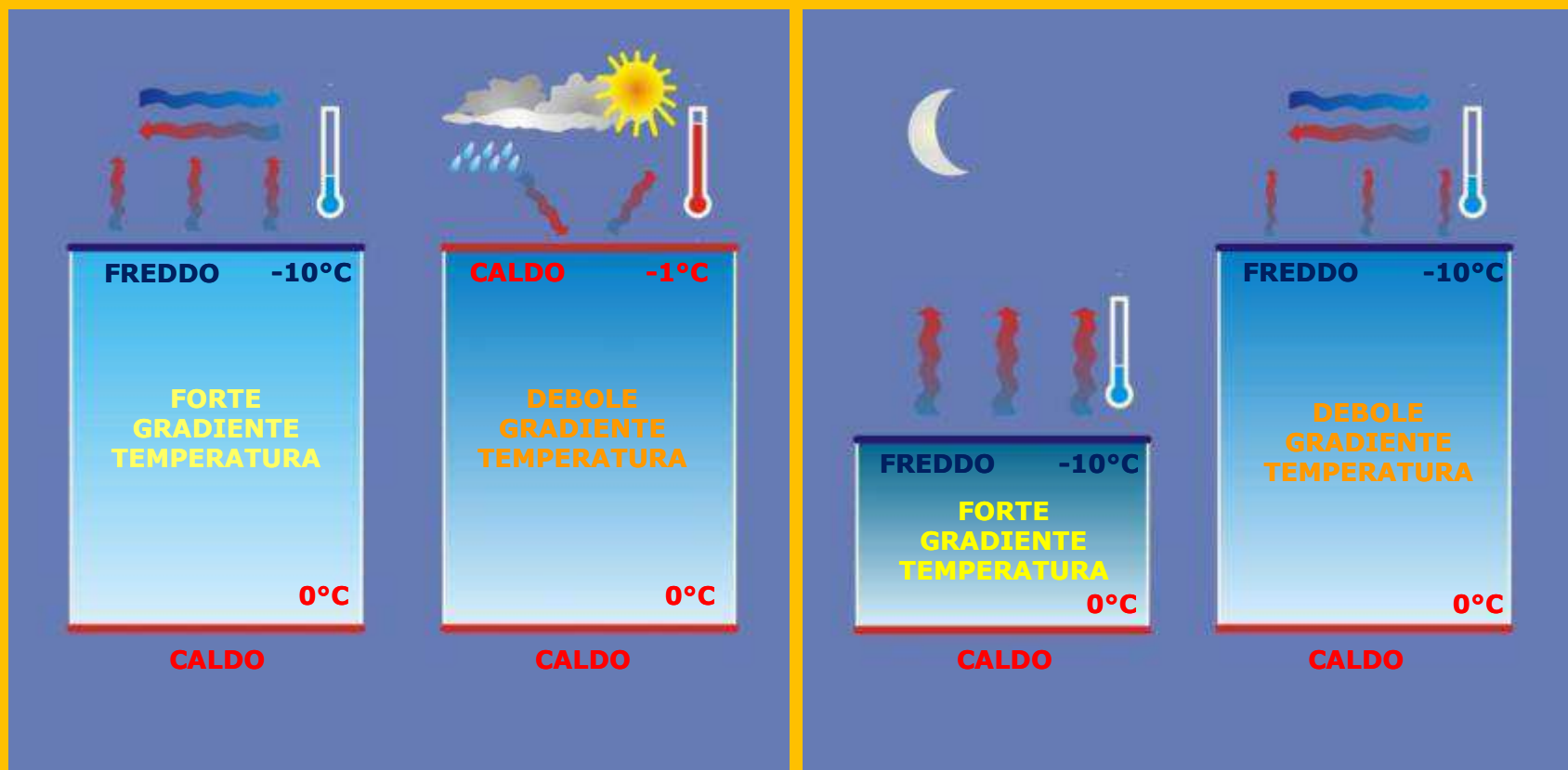




MODALITA' DI VARIAZIONE DEI GRADIENTI DI TEMPERATURA

TEMPERATURE

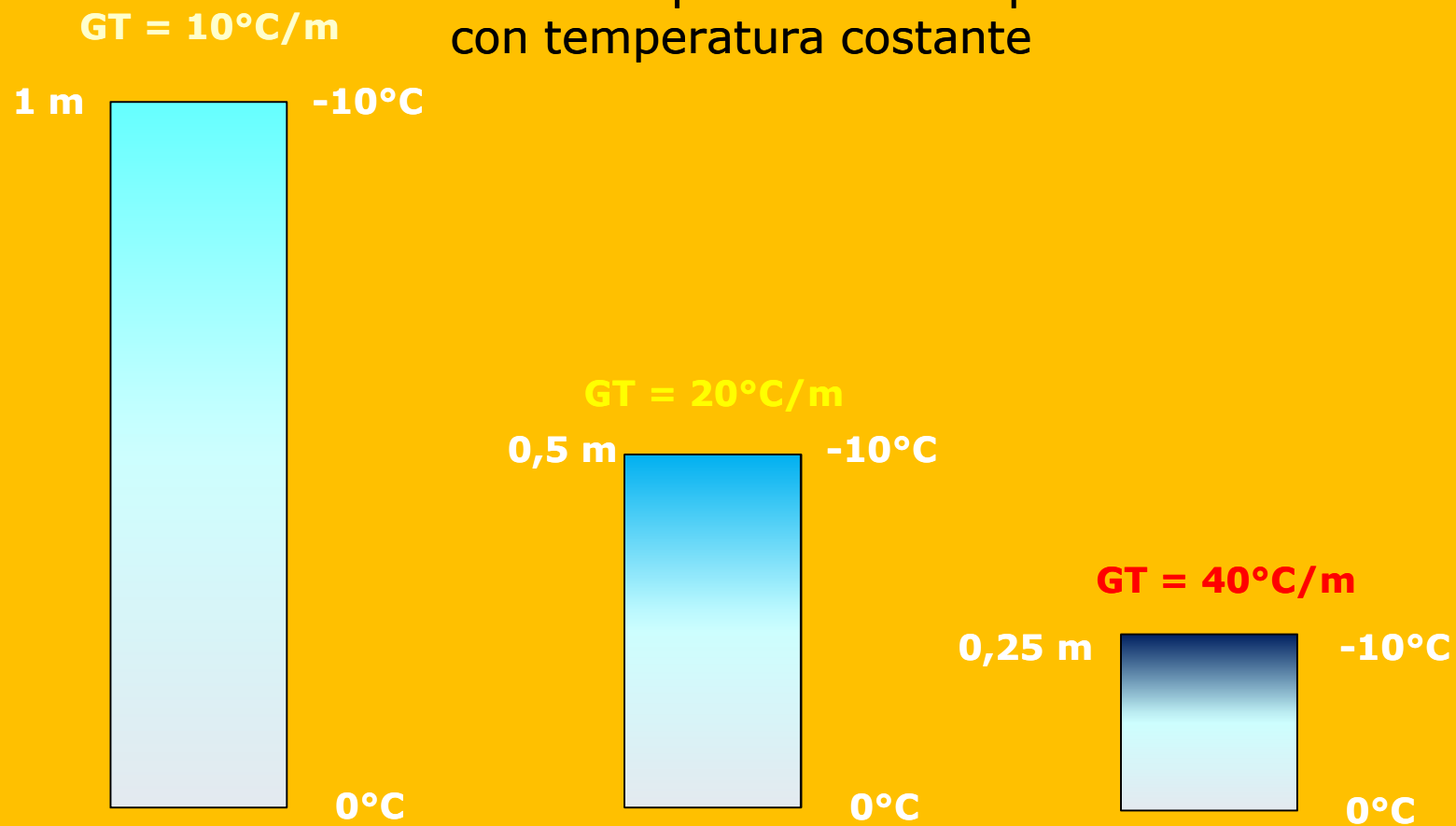
SPESSORI



MODALITA' DI VARIAZIONE DEI GRADIENTI DI TEMPERATURA



Variazioni di spessore nello spazio
con temperatura costante



Metamorfismo della neve asciutta

I metamorfismi
della neve
asciutta

Se porti i guanti
non riesci a fare delle palle
con questa neve.



Secondo caso:
Evoluzione verso
forme di crescita
cinetica
(gradiente medio)

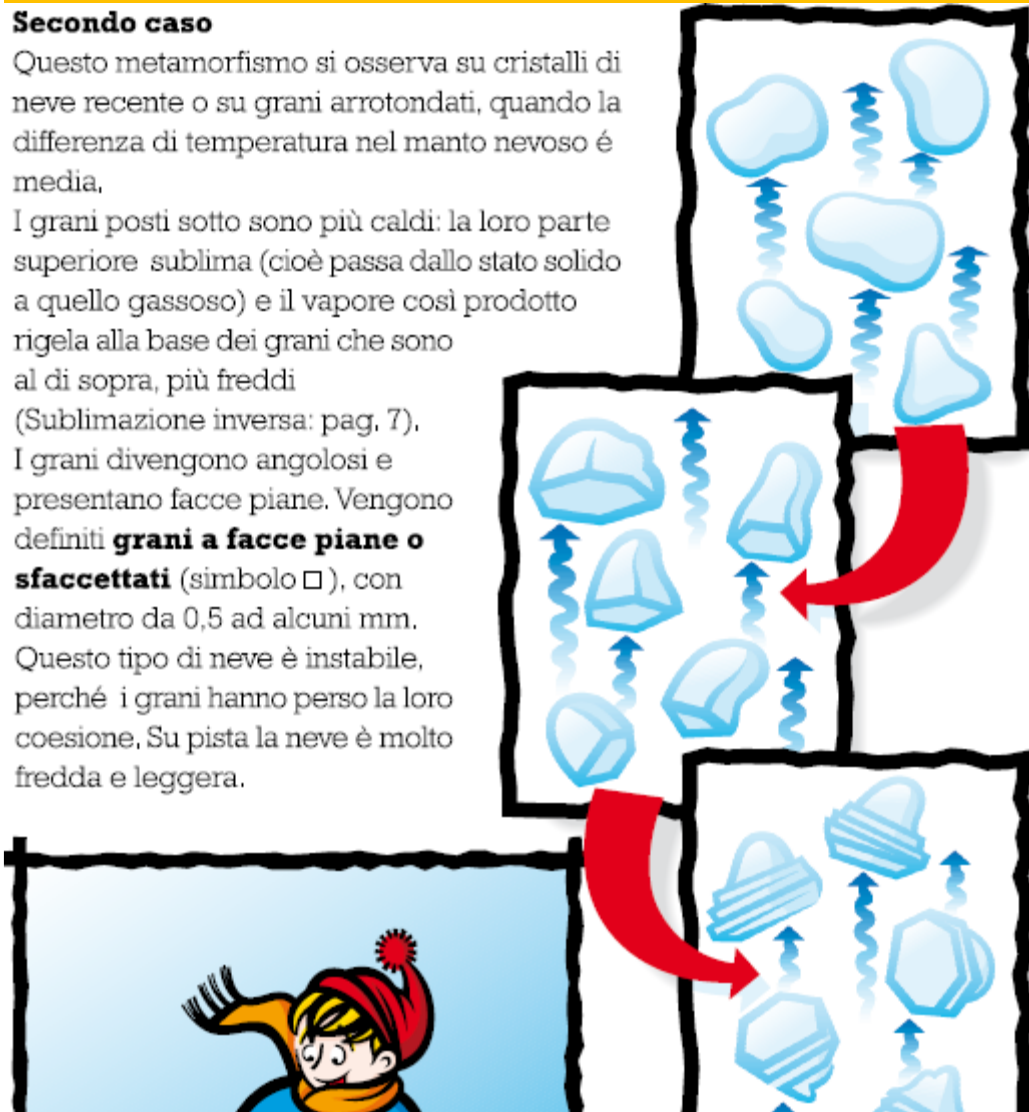
Metamorfismo della neve asciutta

Secondo caso

Questo metamorfismo si osserva su cristalli di neve recente o su grani arrotondati, quando la differenza di temperatura nel manto nevoso è media.

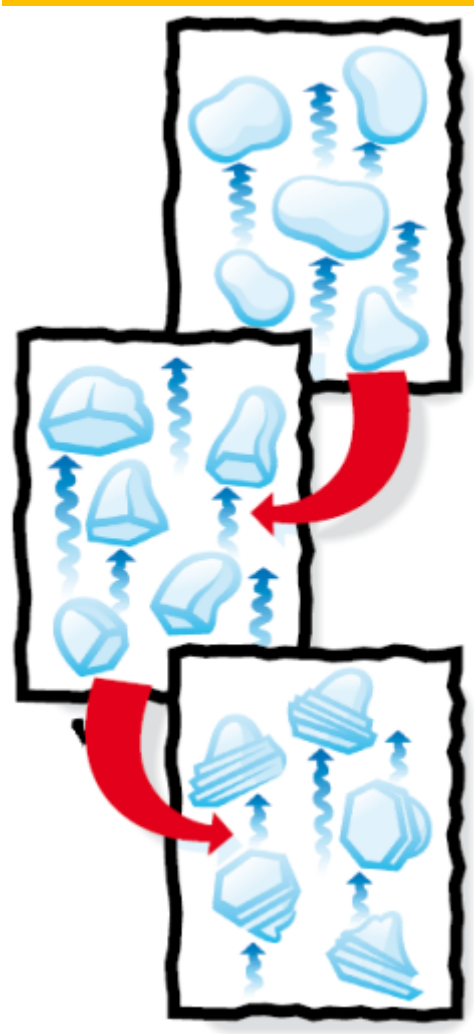
I grani posti sotto sono più caldi: la loro parte superiore sublima (cioè passa dallo stato solido a quello gassoso) e il vapore così prodotto rigela alla base dei grani che sono al di sopra, più freddi

(Sublimazione inversa: pag. 7).
I grani divengono angolosi e presentano facce piane. Vengono definiti **grani a facce piane o sfaccettati** (simbolo □), con diametro da 0,5 ad alcuni mm. Questo tipo di neve è instabile, perché i grani hanno perso la loro coesione. Su pista la neve è molto fredda e leggera.



Secondo caso:
Evoluzione verso
forme di crescita
cinetica
(gradiente medio)

Metamorfismo della neve asciutta: Evoluzione verso forme di crescita cinetica

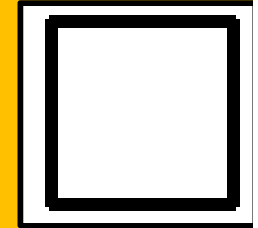


- **Condizioni: medio gradiente di temperatura nel manto nevoso**
- **($>0.05 < 0,20$ °C/cm)**
- **Effetti:**
 - **Formazione di grani a facce piane, striate con struttura grossolana (brina di profondità)**
- **Velocità del processo:**
 - **Proporzionale al gradiente (da giorni a settimane)**

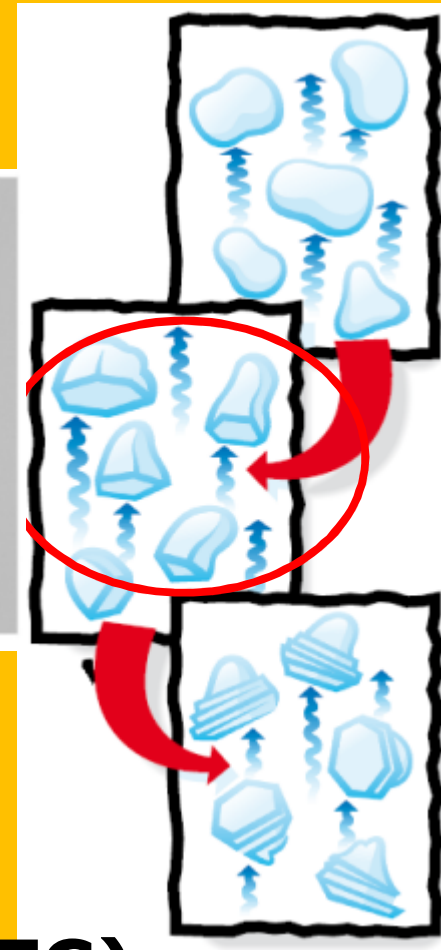
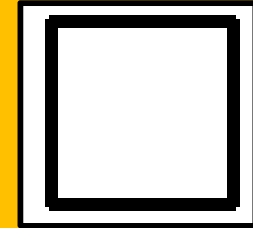
Metamorfismo della neve asciutta: Evoluzione verso forme di crescita cinetica



CRISTALLI SFACETTATI (FC)



Metamorfismo della neve asciutta:
Evoluzione verso forme di crescita cinetica



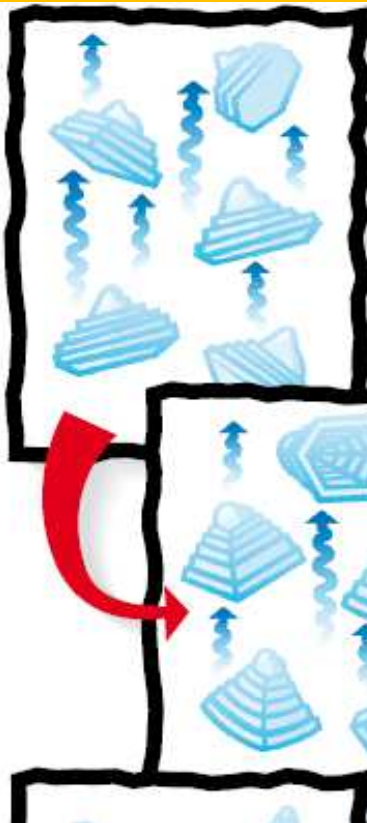
CRISTALLI SFACETTATI (FC)

Metamorfismo della neve asciutta

Terzo caso:

Evoluzione verso forme di crescita
cinetica

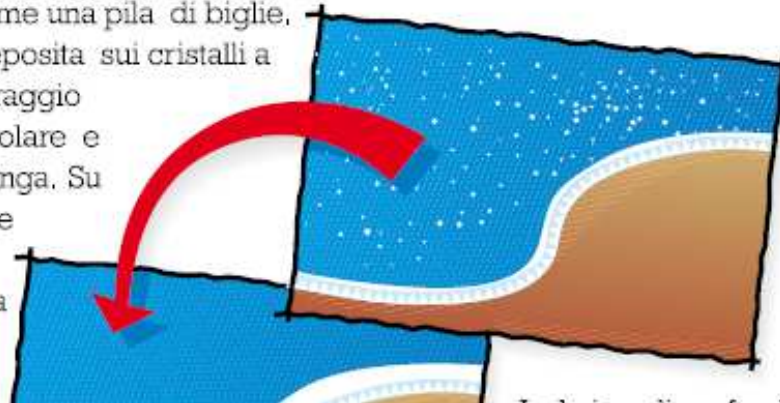
(gradiente ELEVATO)



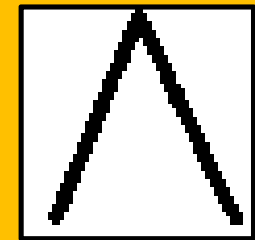
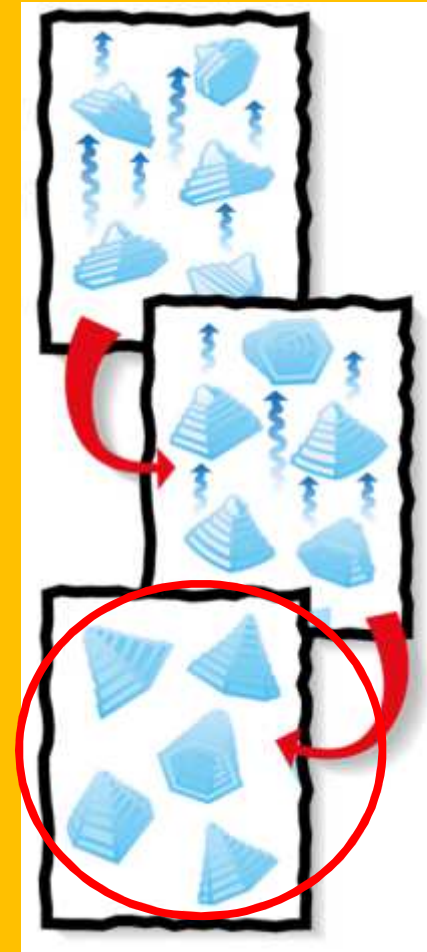
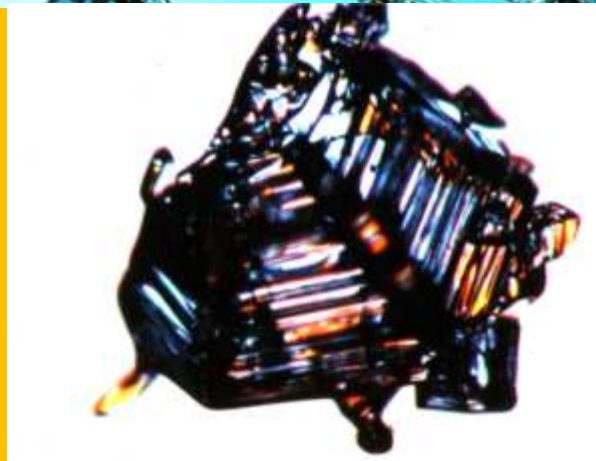
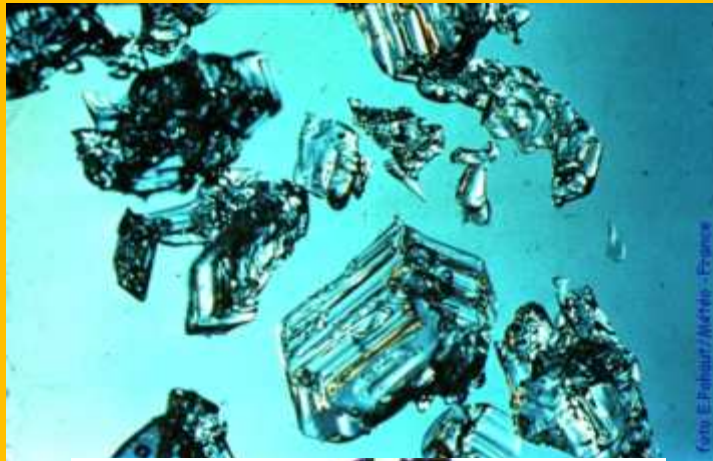
Terzo caso

Quando la variazione di temperatura nel manto nevoso è forte e dura per più giorni, i grani a facce piane continuano a svilupparsi attraverso il medesimo processo osservato in precedenza: sublimazione diretta dei grani più caldi (sotto), sublimazione inversa sui grani freddi (sopra). Alla base dei grani, si formano dei gradini. I grani si trasformano in piramidi striate con diametro anche di parecchi mm. Essi vengono chiamati **cristalli a calice**, perchè sono concavi (simbolo Λ), o **brina di profondità**.

I cristalli a calice non hanno alcuna coesione tra loro e sono all'origine di una potenziale instabilità del manto nevoso. Si comportano come una pila di biglie. Lo strato che si deposita sui cristalli a calice ha un ancoraggio precario, può scivolare e provocare una valanga. Su piste regolarmente frequentate o battute, i cristalli a calice non si possono formare.

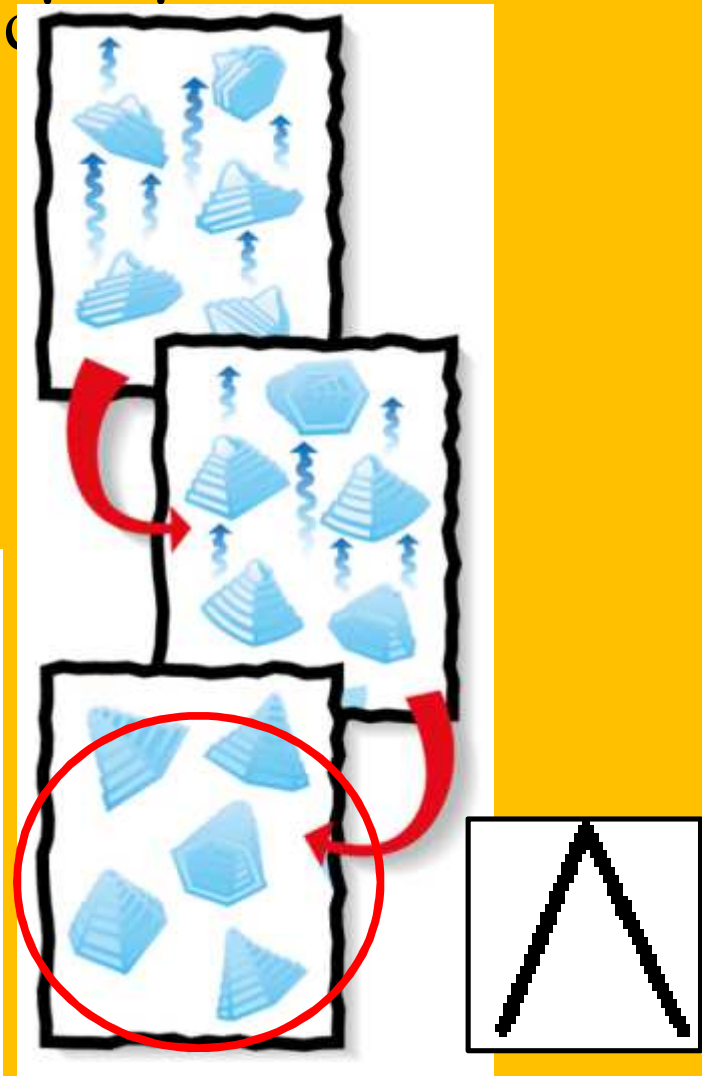
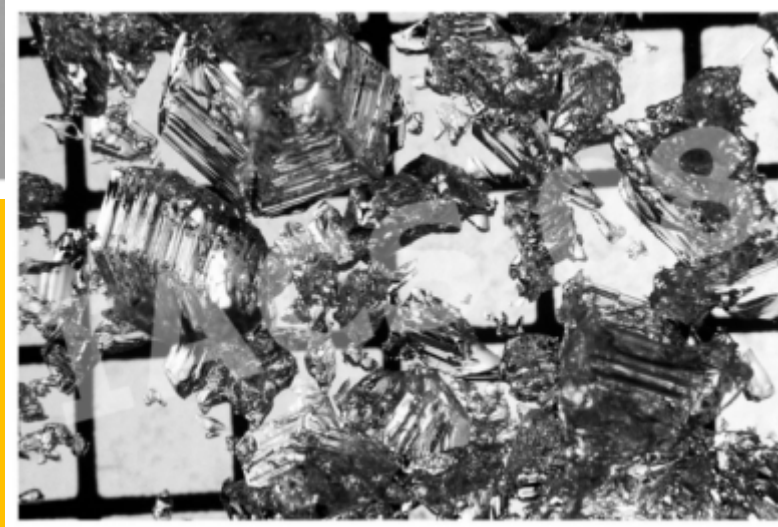
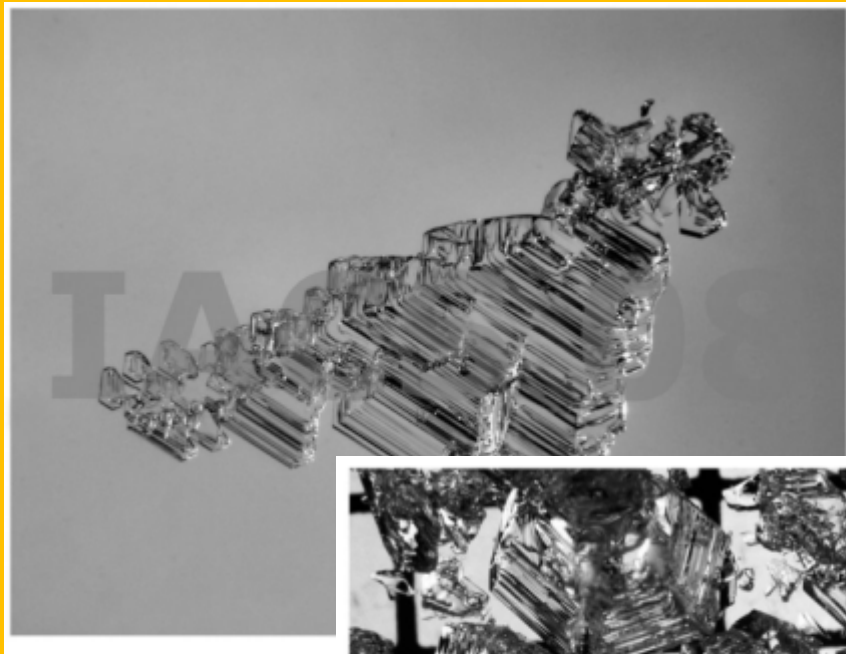


Metamorfismo della neve asciutta:
Evoluzione verso forme di crescita cinetica



BRINA DI PROFONDITA' (DH)

Metamorfismo della neve asciutta:
Evoluzione verso forme di crescita di equilibrio

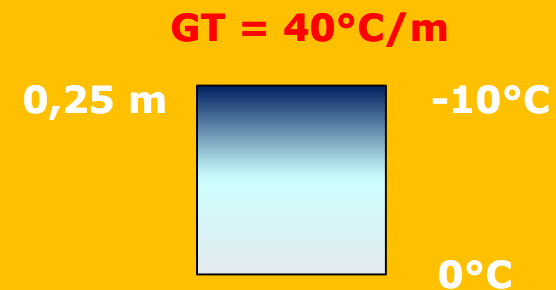
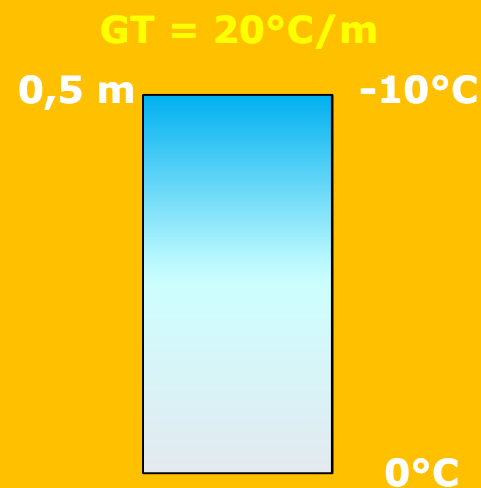
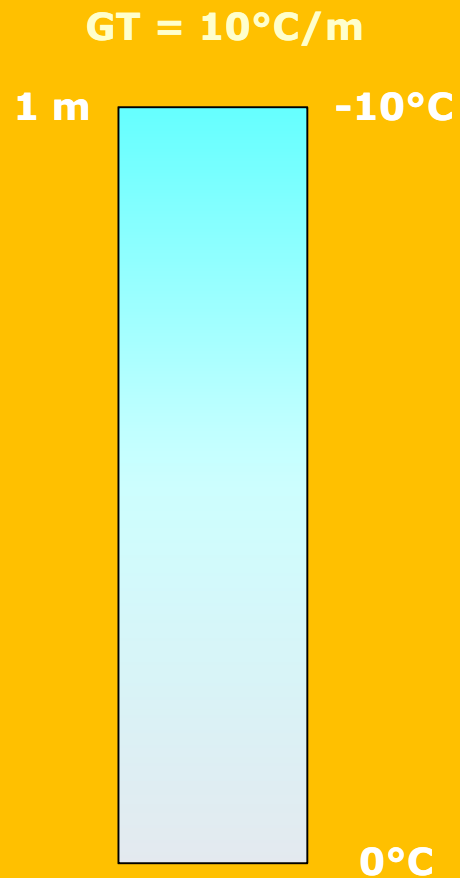


BRINA DI PROFONDITA' (DH)

MODALITA' DI VARIAZIONE DEI GRADIENTI DI TEMPERATURA

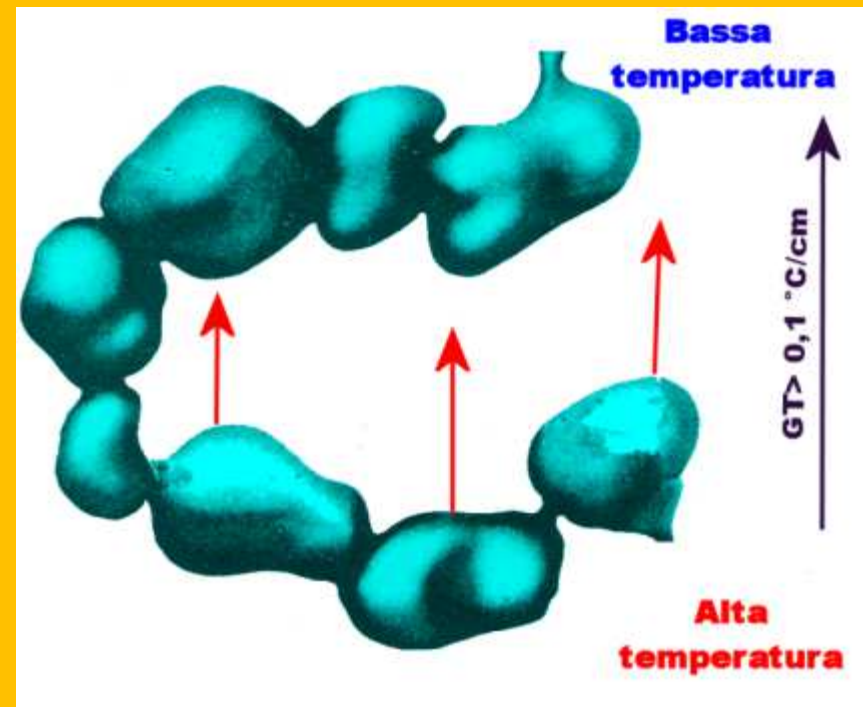
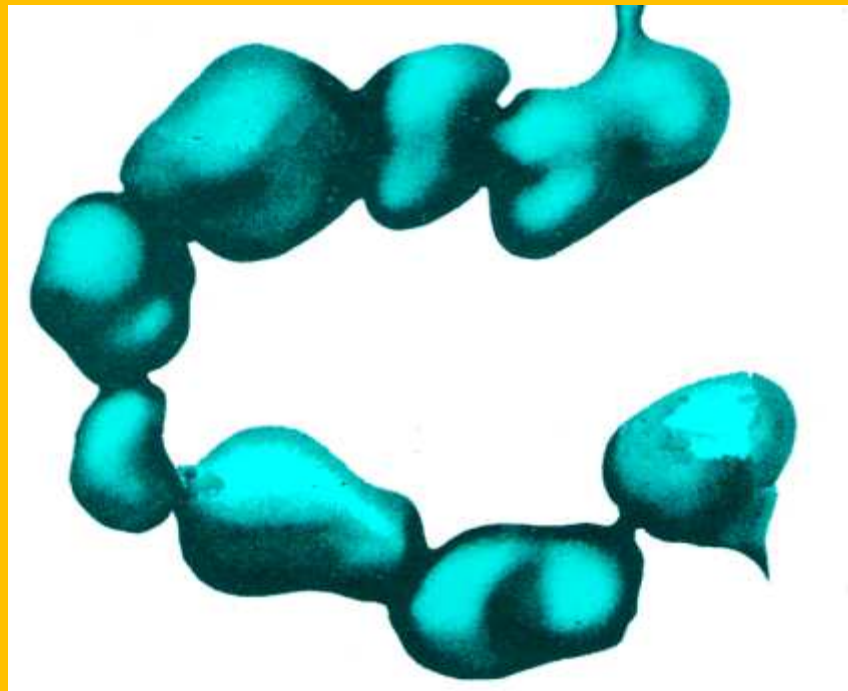


Variazioni di spessore nello spazio
con temperatura costante

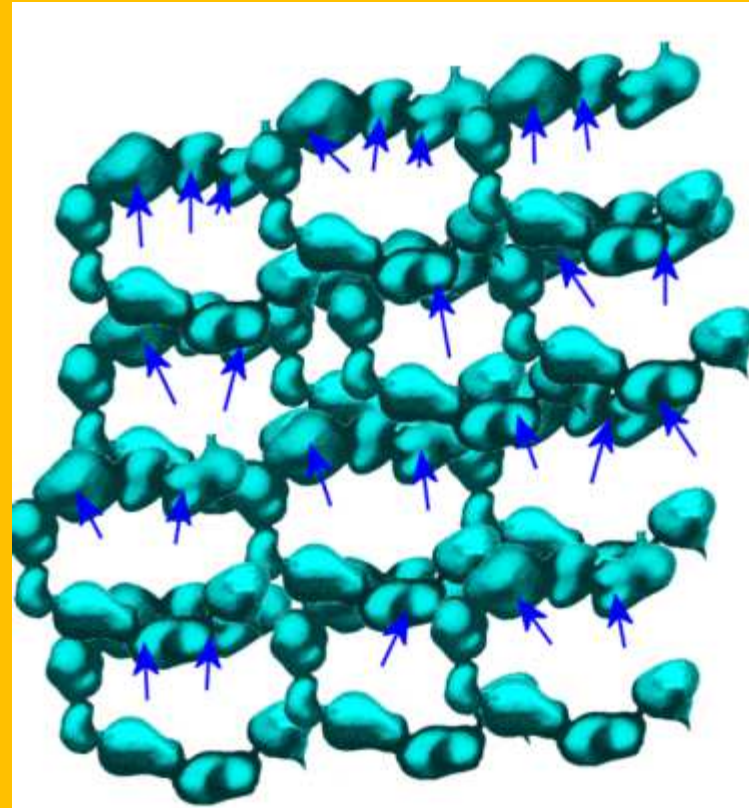
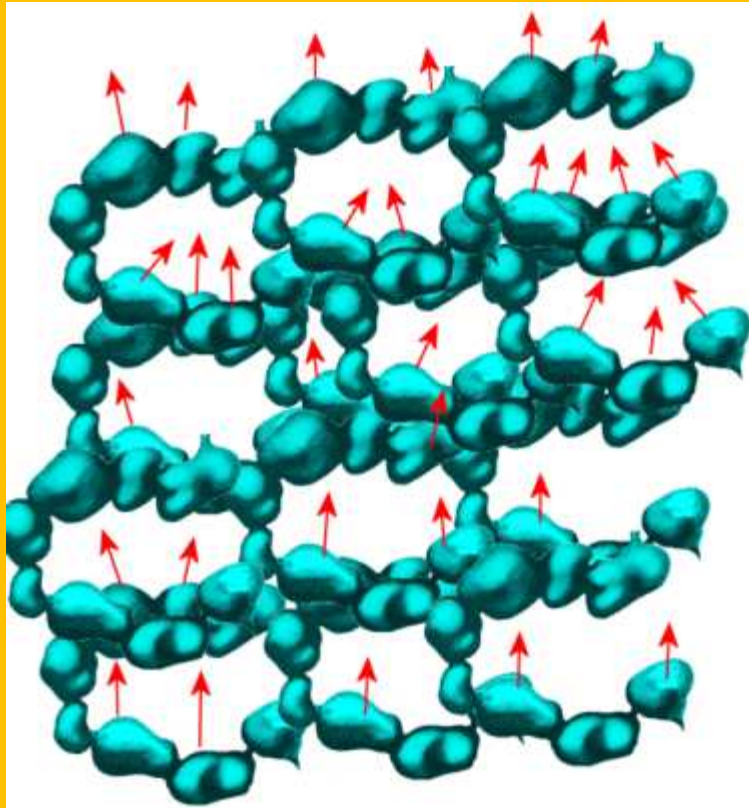


Evoluzione verso forme di crescita cinetica

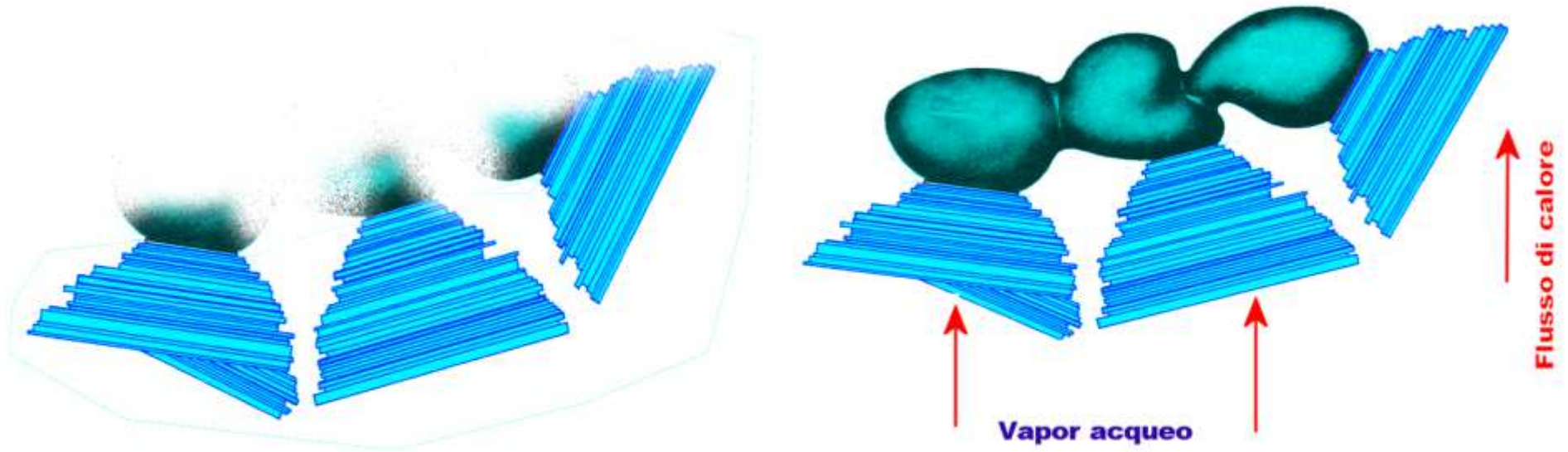
Grani angolari e brina di profondità



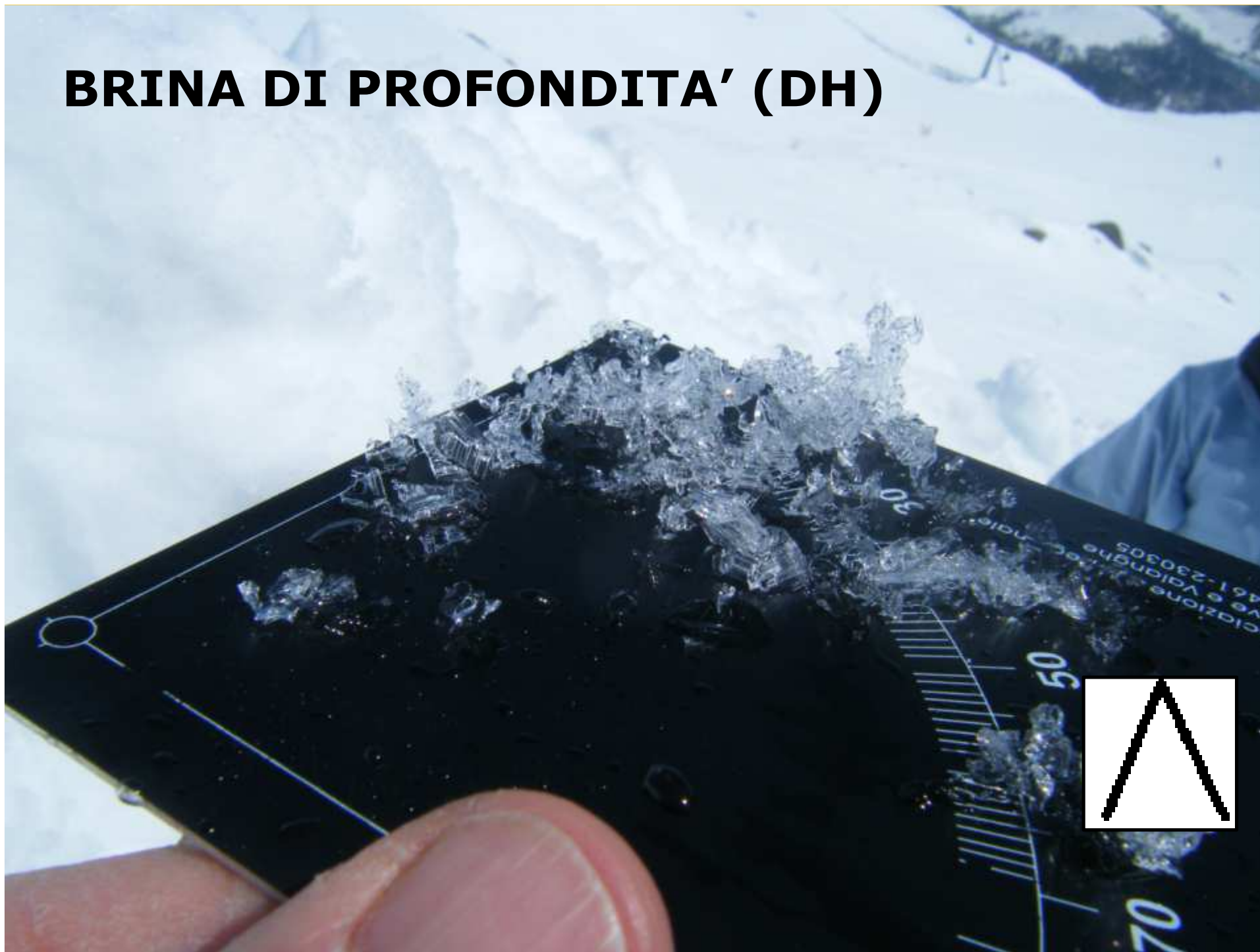
Diffusione di vapore

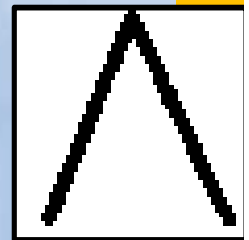


Diffusione di vapore



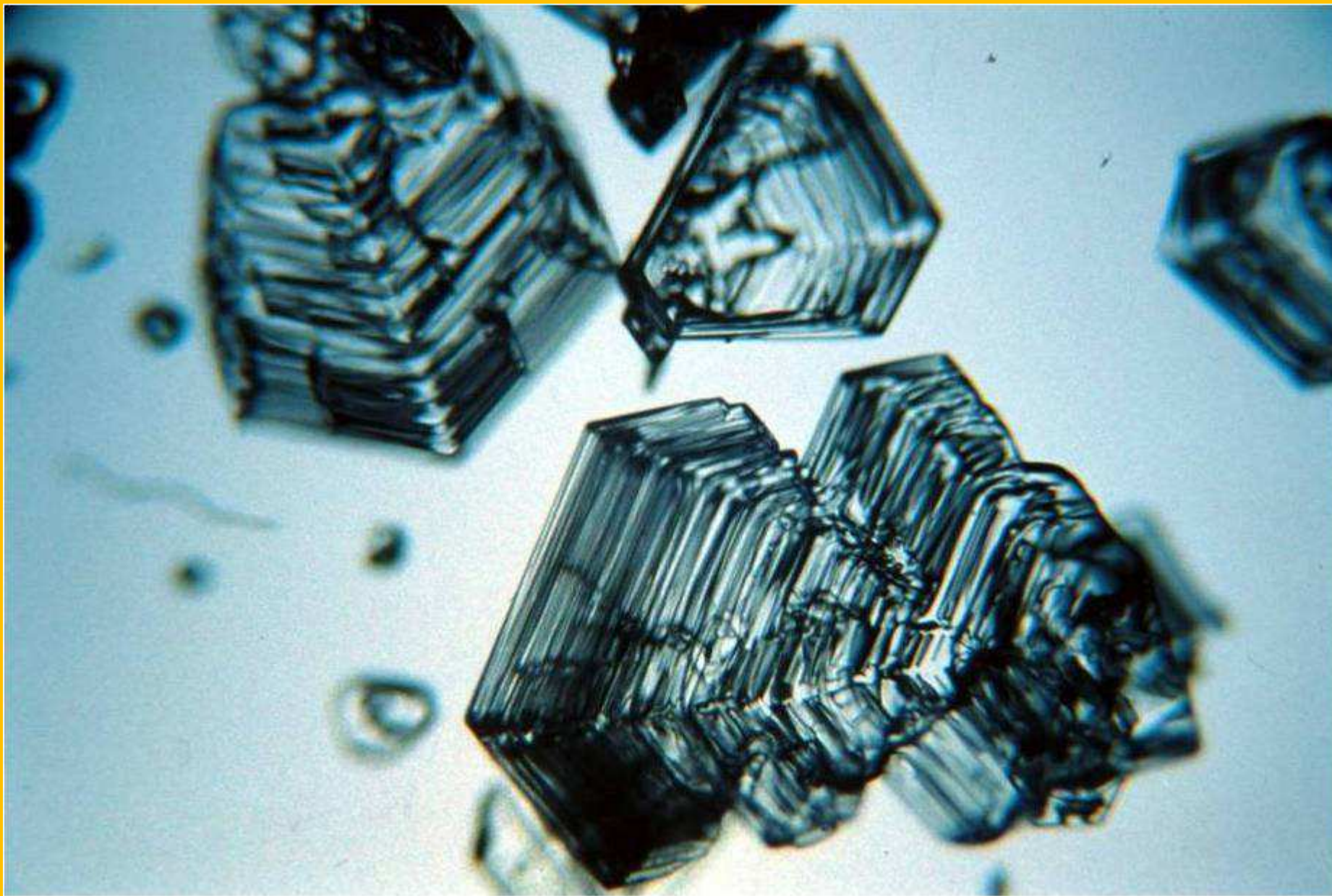
BRINA DI PROFONDITA' (DH)



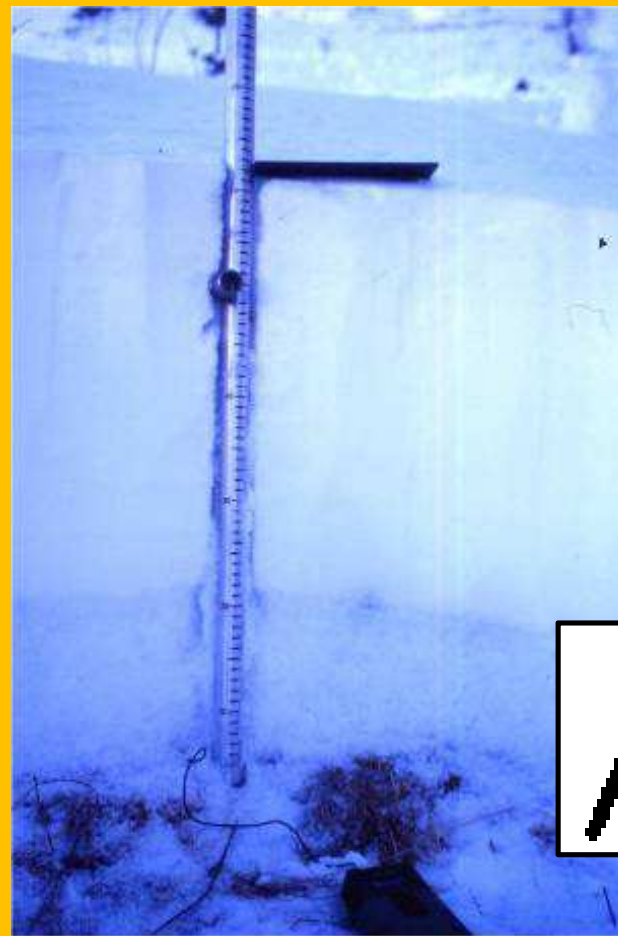


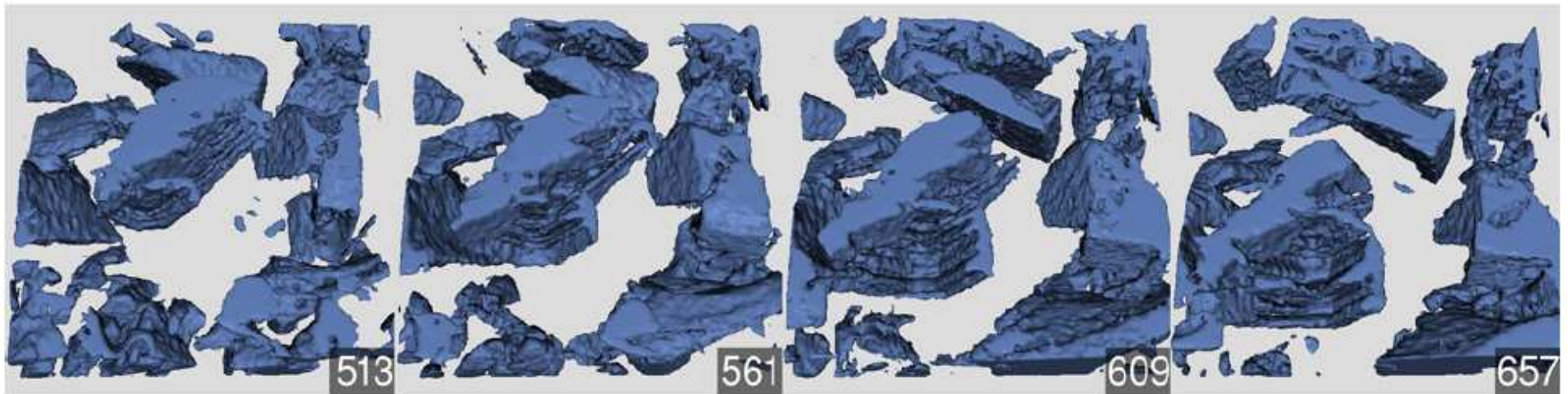
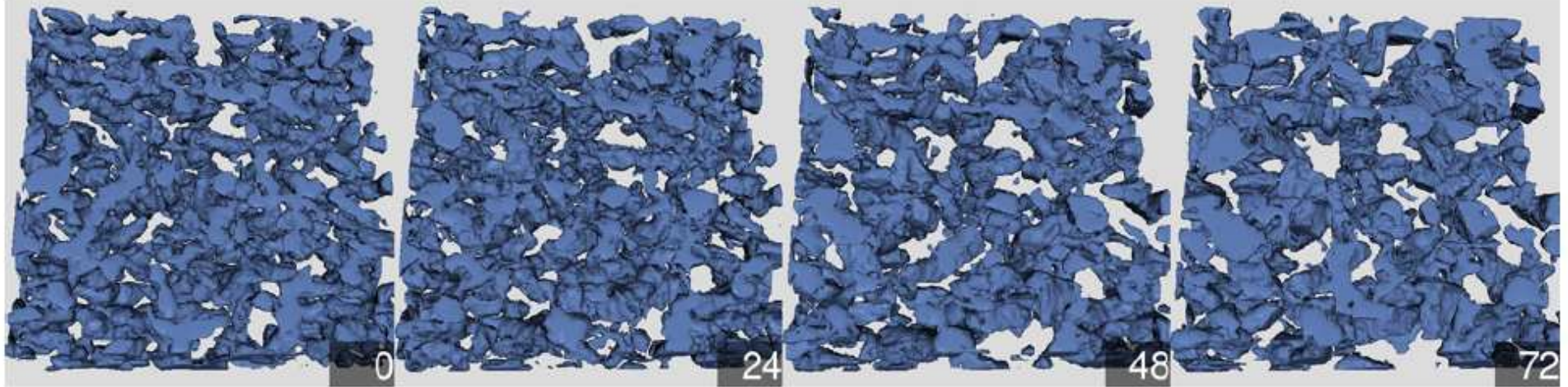
BRINA DI PROFONDITA' (DH)





Metamorfismo della neve asciutta:





after Pinzer et alii (2012)

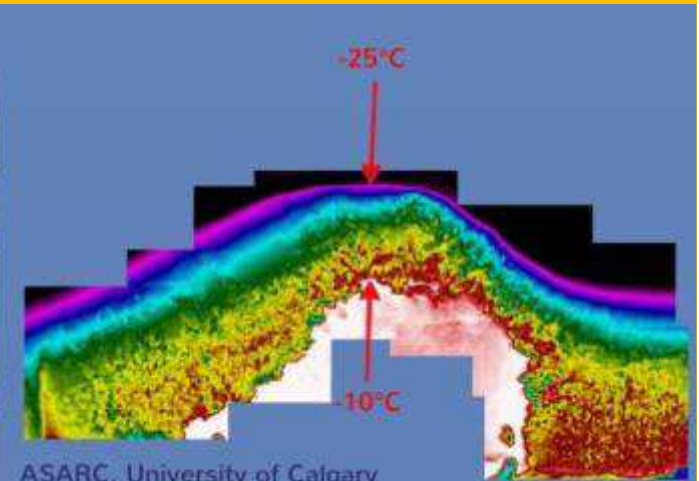
DOVE TROVO QUESTI CRISTALLI



MANTO SOTTILE
ATTORNO A ROCCE
SUBAFFIORANTI,
DETRITO DI FALDA,
CESPUGLI



DOVE TROVO QUESTI CRISTALLI





Metamorfismi da gradiente elevato

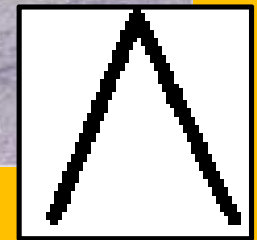
- il processo è favorito sui **versanti in ombra**, dalla **bassa densità** del manto nevoso (alta tensione di vapore e presenza di aria), dalla **presenza di cavità** (erbe alte, arbusti, ghiaioni, ecc.), da **bassi spessori** del manto nevoso (a pari temperatura aumenta il gradiente – e.g. con una differenza di 15°C tra il suolo e la superficie: con 150 cm di neve **gradiente = $0,1^{\circ}\text{C}/\text{cm}$** ; con 50 cm **gradiente = $0,3^{\circ}\text{C}/\text{cm}$**).
- Da ricordare: strati compatti impermeabili (**croste da fusione e rigelo**) presenti nel manto possono fungere da barriere di permeabilità (riduzione degli spessori del manto) creando uno “strato basale virtuale”
- questo processo **richiede aria** quindi non è possibile in presenza di acqua liquida o in nevi molto dense (per questo non avviene in strati che hanno subito fusione e rigelo anche in condizioni di alto gradiente; può avvenire sopra o sotto lo strato da fusione e rigelo)

Metamorfismo della neve asciutta:
“*Evoluzione verso forme di crescita cinetica*”

**Altri nomi dell'evoluzione
verso forme di crescita :**

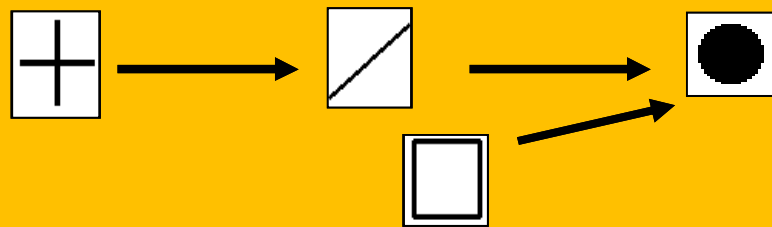
Metamorfismo costruttivo:
nuovi cristalli si formano, con
forme non derivanti dalla
precipitazione

**Metamorfismo da gradiente
di temperatura:** lo strato di
neve ha al suo interno un
gradiente di temperatura
 $>5^{\circ}\text{C}/\text{m}$

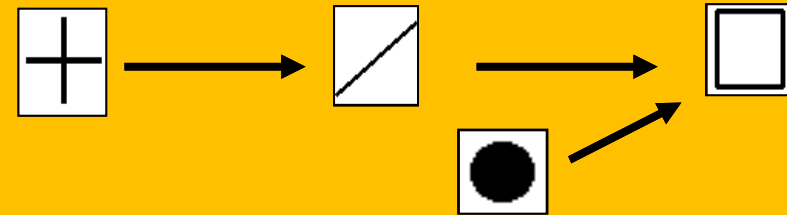


Metamorfismi della neve secca

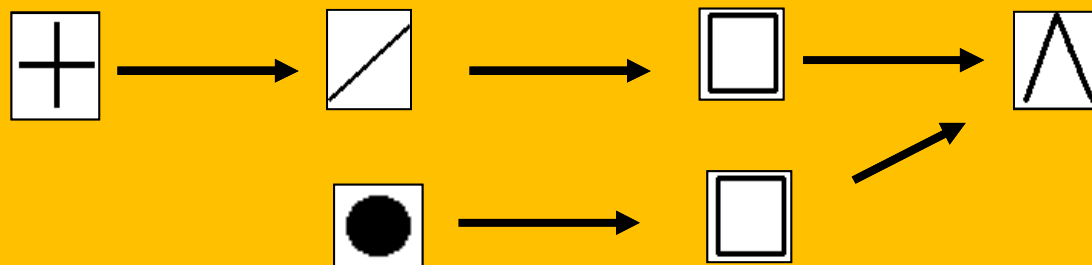
Debole gradiente $TG < 5^\circ\text{C}/\text{m}$



Moderato gradiente $5^\circ\text{C}/\text{m} < TG < 20^\circ\text{C}/\text{m}$



Forte gradiente $TG > 20^\circ\text{C}/\text{m}$



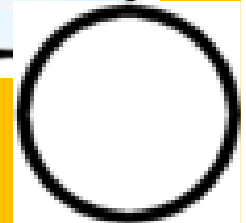
Metamorfismo della neve BAGNATA

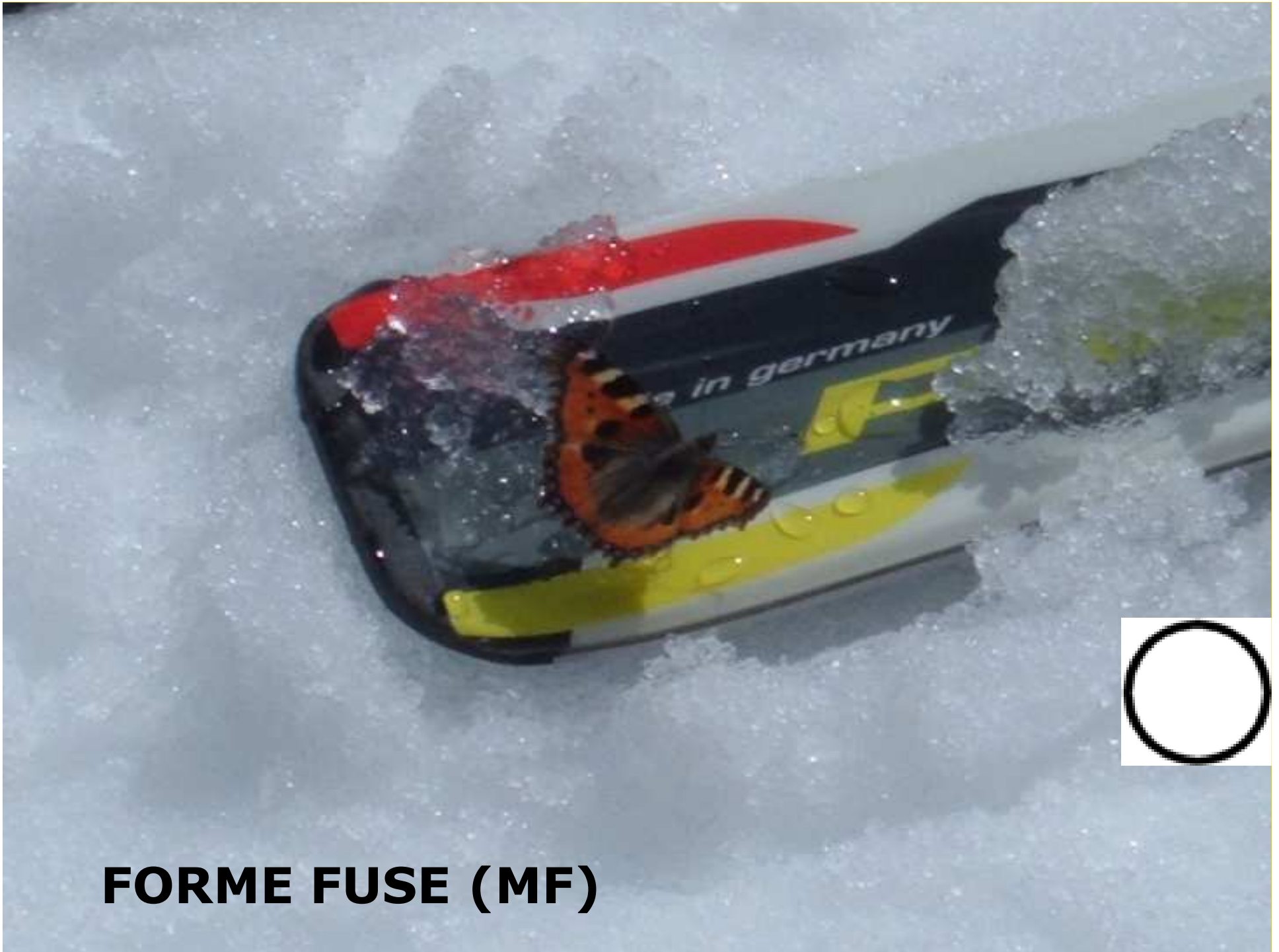
Evoluzione verso forme da fusione e
rigelo



Evoluzione verso forme di fusione e rigelo

- **Condizioni:** temperatura del manto nevoso prossima a 0°C per apporti di calore (radiazione, convezione, pioggia)
- **Effetti:**
 - Produzione di acqua liquida
 - Aumento delle densità e diminuzione delle resistenze (successivo aumento per rigelo)
 - In caso di processo avanzato: firm
- **Velocità del processo:**
 - Proporzionale agli apporti di calore





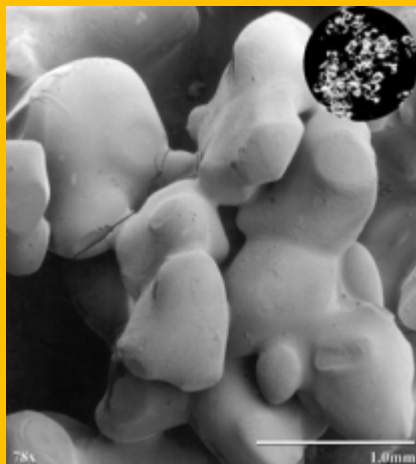
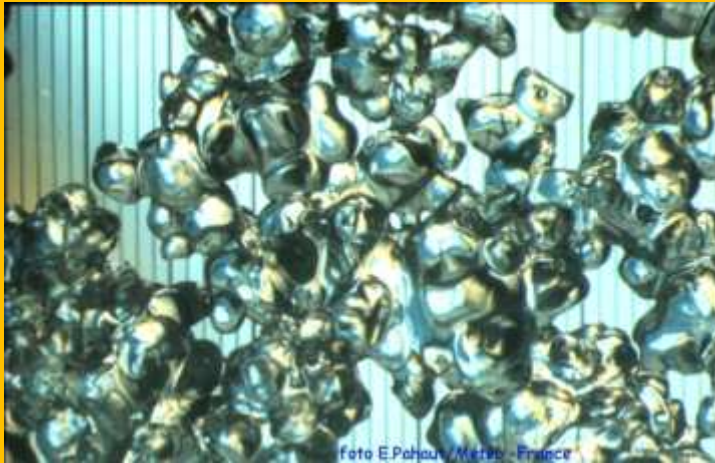
FORME FUSE (MF)

Evoluzione verso forme di fusione e rigelo

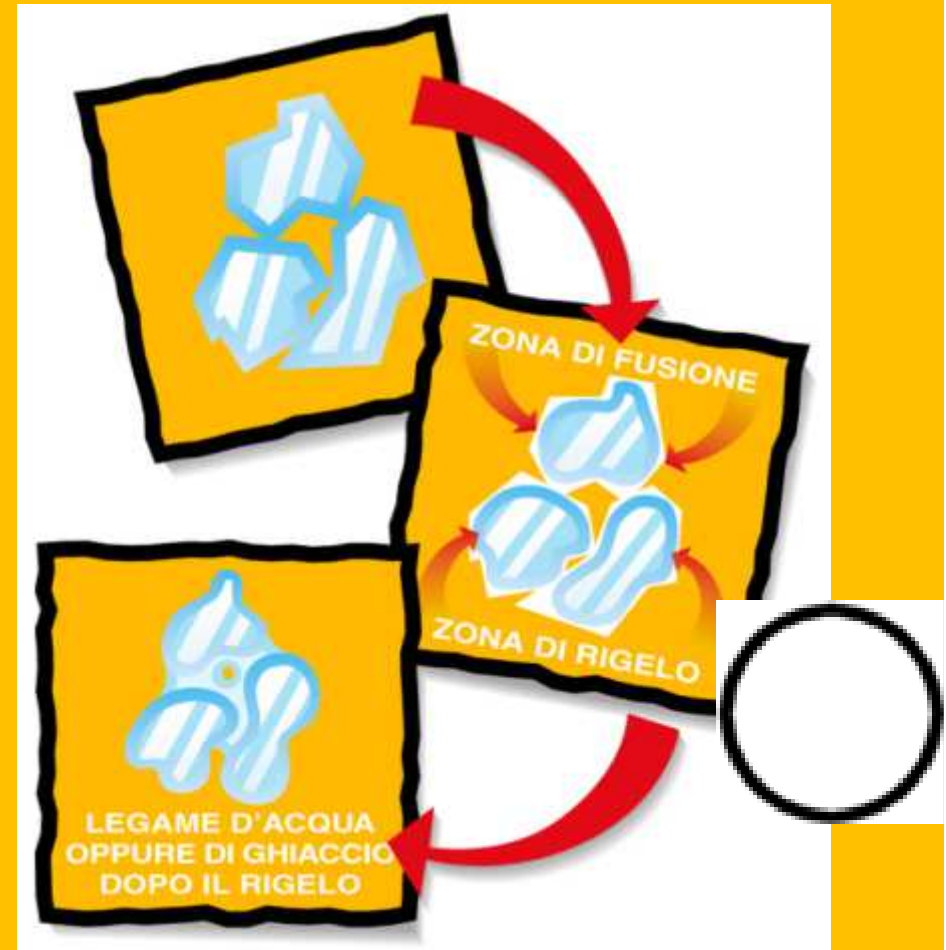


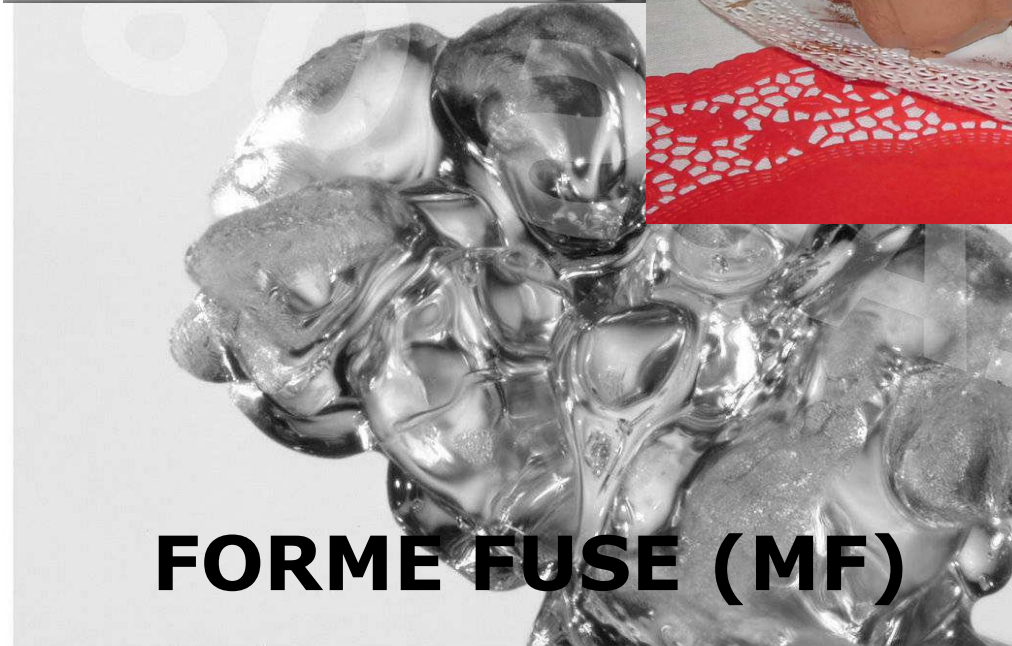
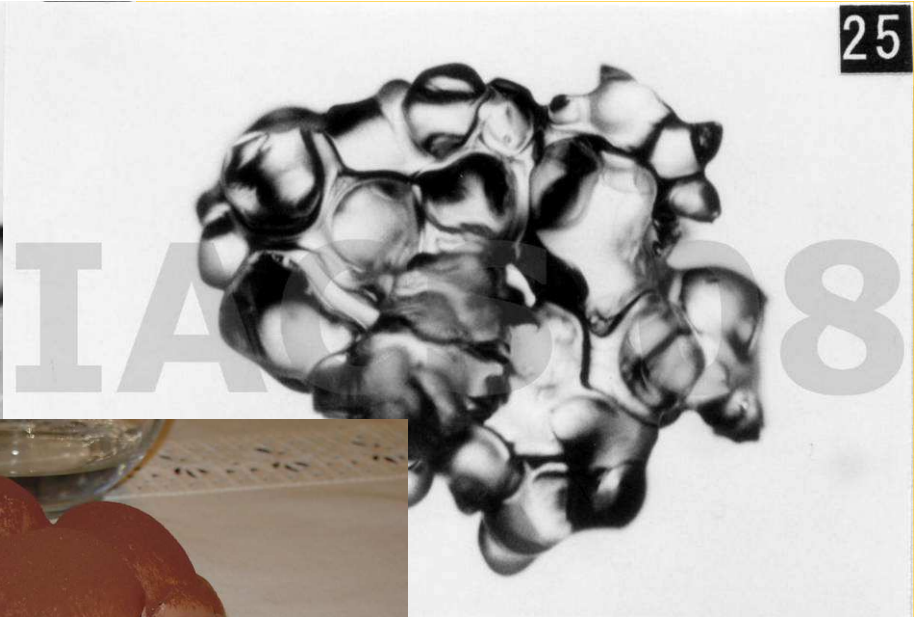
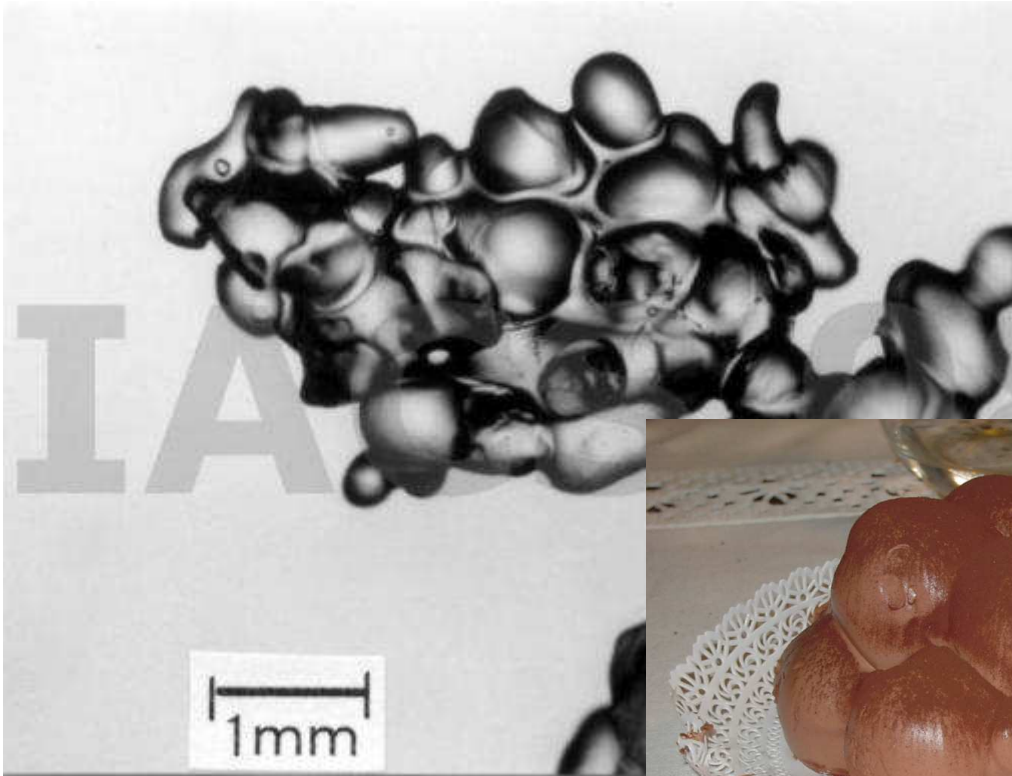
FORME FUSE (MF)

Evoluzione verso forme di fusione e rigelo



FORME FUSE (MF)





FORME FUSE (MF)

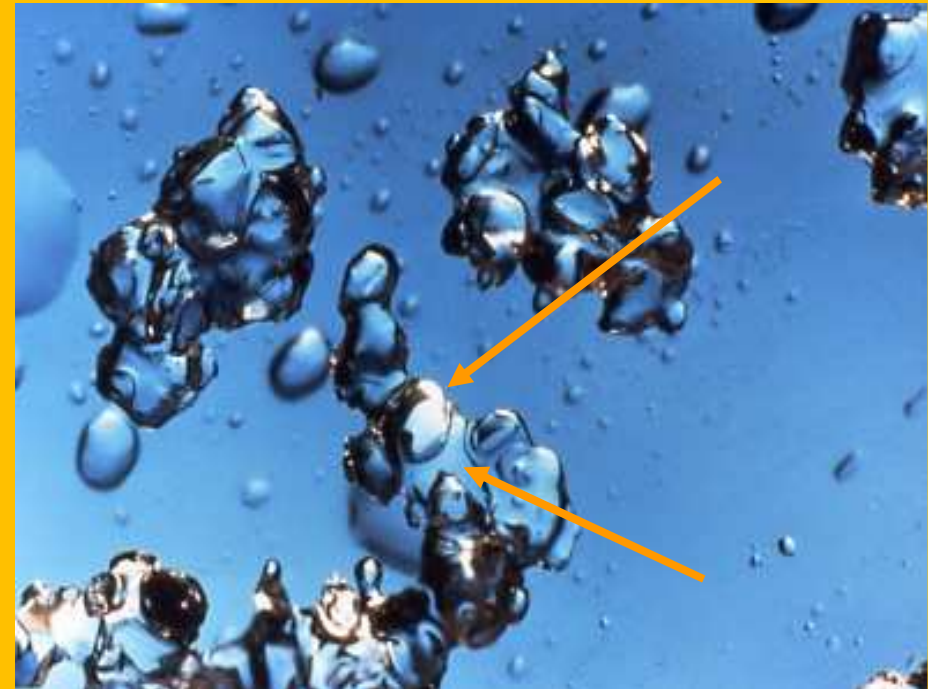


Metamorfismi da fusione e rigelo

tipici della primavera ma anche di periodi “caldi”
in pieno inverno; quando la temperatura raggiunge
gli 0°C = inizia la fusione e compare acqua liquida
intorno ai grani

Si smussano le spigolosità e si rompono i legami
diretti (colli); nel caso di ritorno a basse
temperature si ha rigelo

in fase finale del processo di fusione e rigelo =
formazione di grossi grani arrotondati e formazione
di aggregati policristallini formati dai grani di
ghiaccio e dall'acqua capillare ghiacciata intorno e
fra di essi

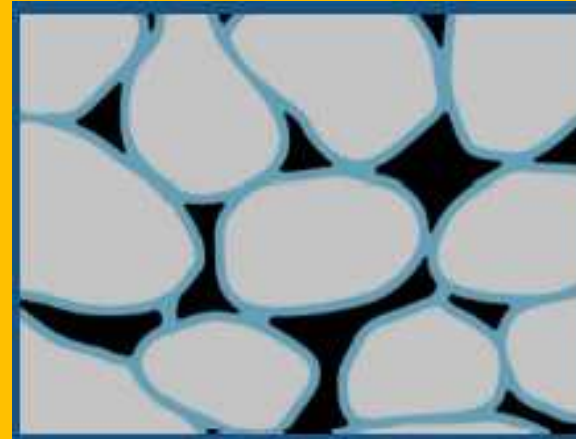


Metamorfismi da fusione e rigelo



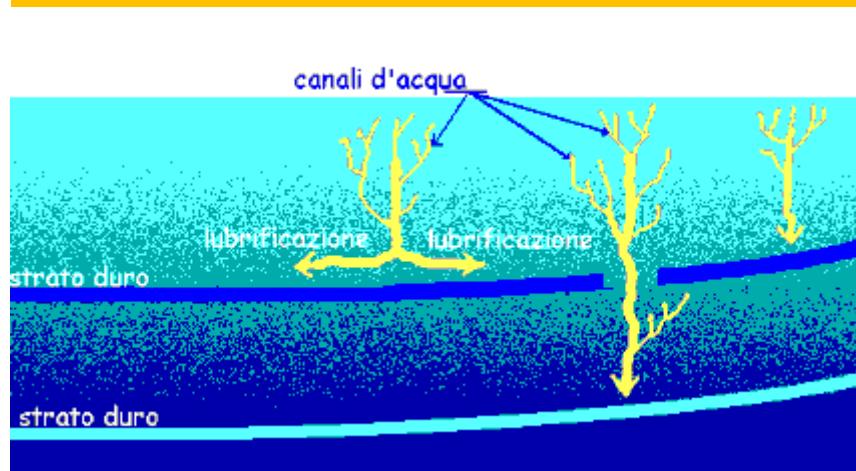
In caso di fusione se l'acqua è poca ($< 3\%$ del volume) risale per capillarità (neve umida)

e sostituisce la coesione per sinterizzazione con la coesione per capillarità (efficace - nevi primaverili) tipo "cemento armato"



Strato di ghiaccio (IF)

- Strato di ghiaccio orizzontale



- Strato di ghiaccio che si forma per rigelo dell'acqua di fusione percolante



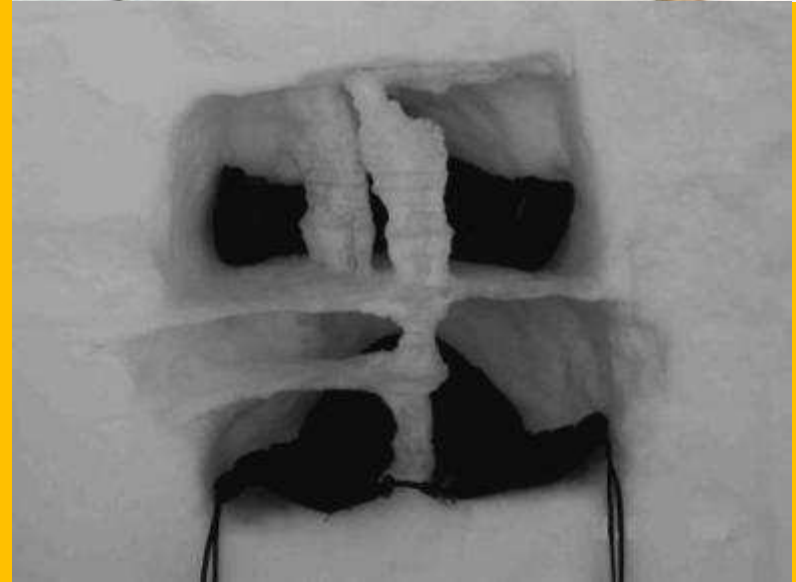
Effetti sulla resistenza:
Gli strati di ghiaccio sono resistenti, la resistenza cala una volta che la neve è completamente bagnata

Colonna di ghiaccio IF



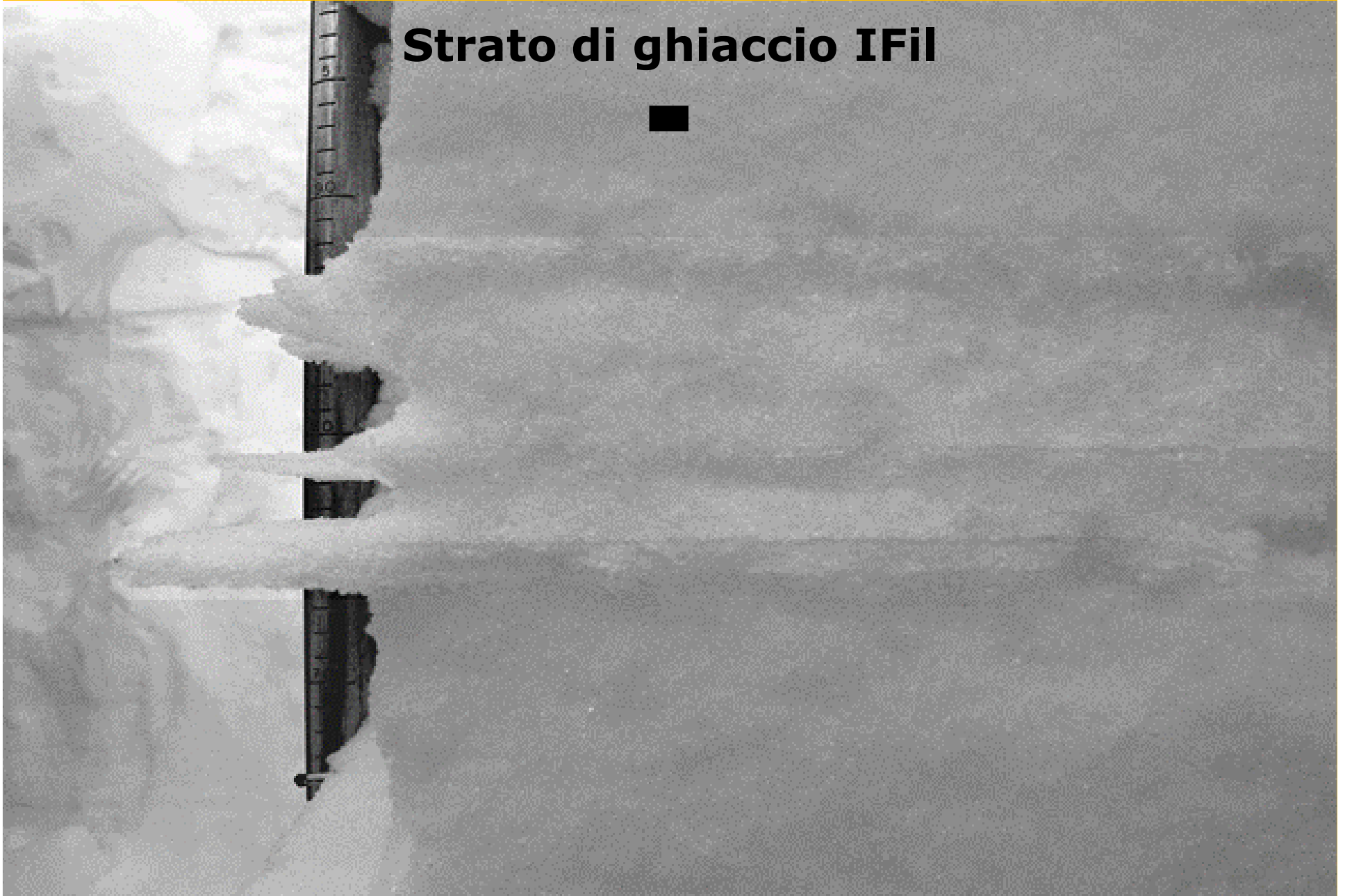
- Colonna di ghiaccio verticale

- L'acqua che percola nelle colonne verticali ghiaccia a causa della conduzione termica della neve fredda circostante, cioè neve a $T < 0\text{ °C}$





Strato di ghiaccio IFil



Metamorfismo da fusione e rigelo



I fattori che promuovono lo sviluppo di metamorfismo da fusione e rigelo con formazione di policristalli arrotondati sono:

Notti fredde e serene, giornate calde e soleggiate (o con velature)

Pioggia

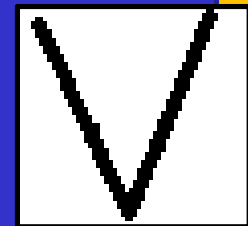
Pendii ripidi esposti al sole

Neve ad alta densità (con elevati tenori in acqua liquida)

Altre forme

Altre forme – brina di superficie

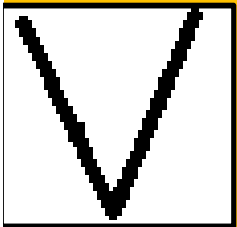
- Oltre ai cristalli e grani presentati ci sono altri tipi di precipitazione importanti:
 - La Brina di superficie: molto importante in quanto uno dei principali piani di slittamento in caso di valanghe quando è stata ricoperta da nuova neve: la presenza di elevati tassi di umidità nell'aria a contatto con in terreno, scarsità di vento e forti gradienti dovuti all'irraggiamento, il vapore acqua sublima sulla superficie della neve.
 - Grandine e altre forme.





BRINA DI SUPERFICIE (SH)

Brina di superficie (SH)

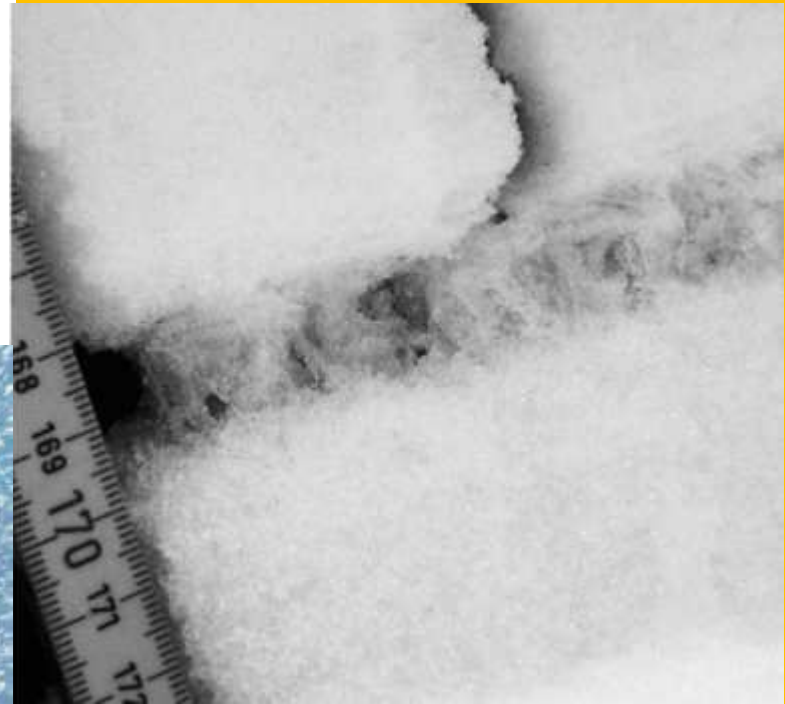
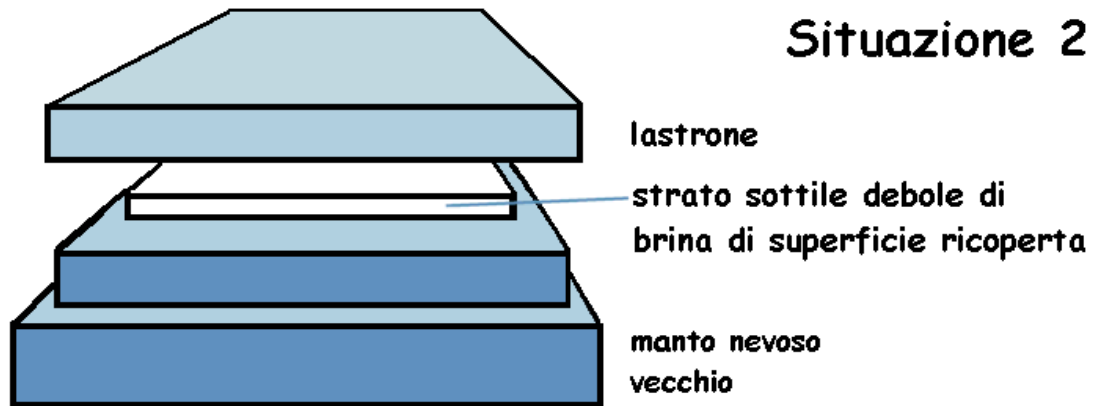


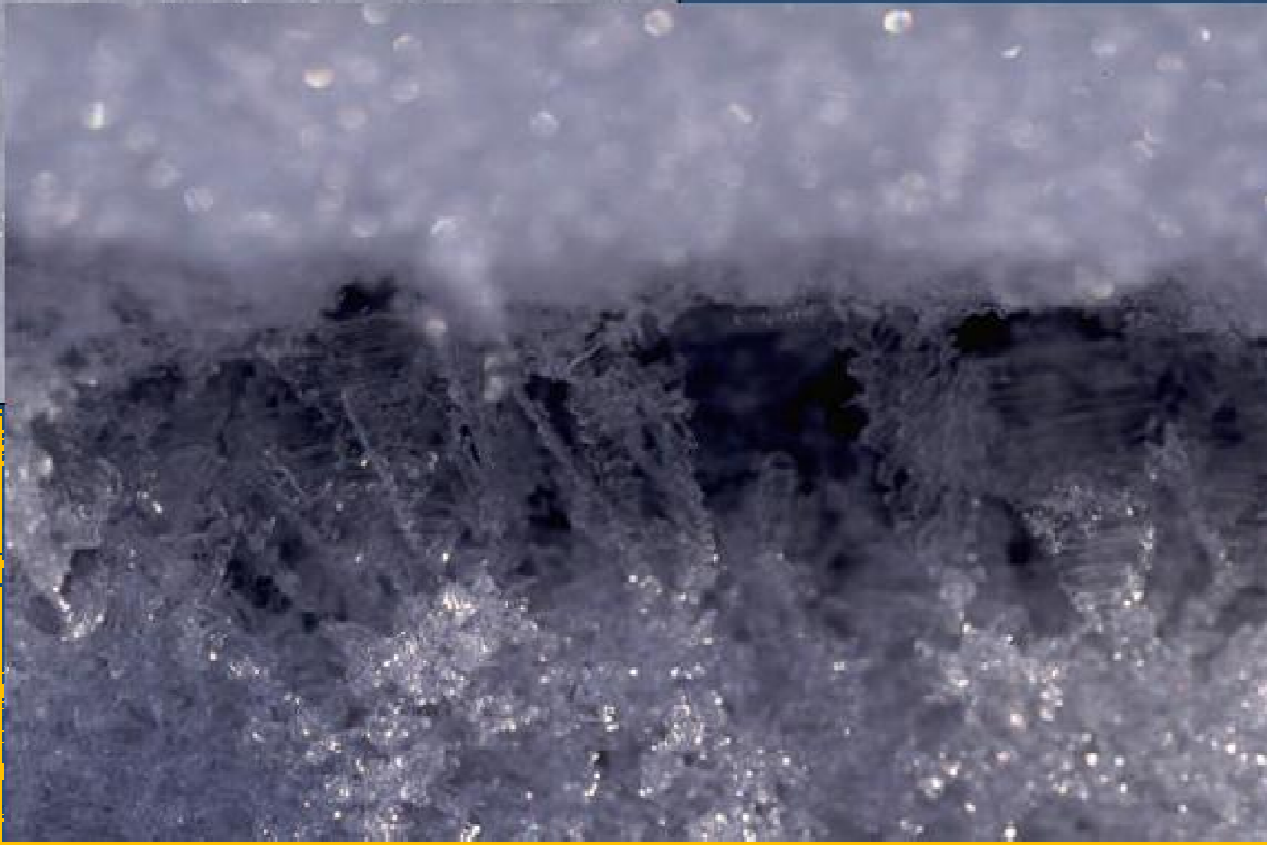
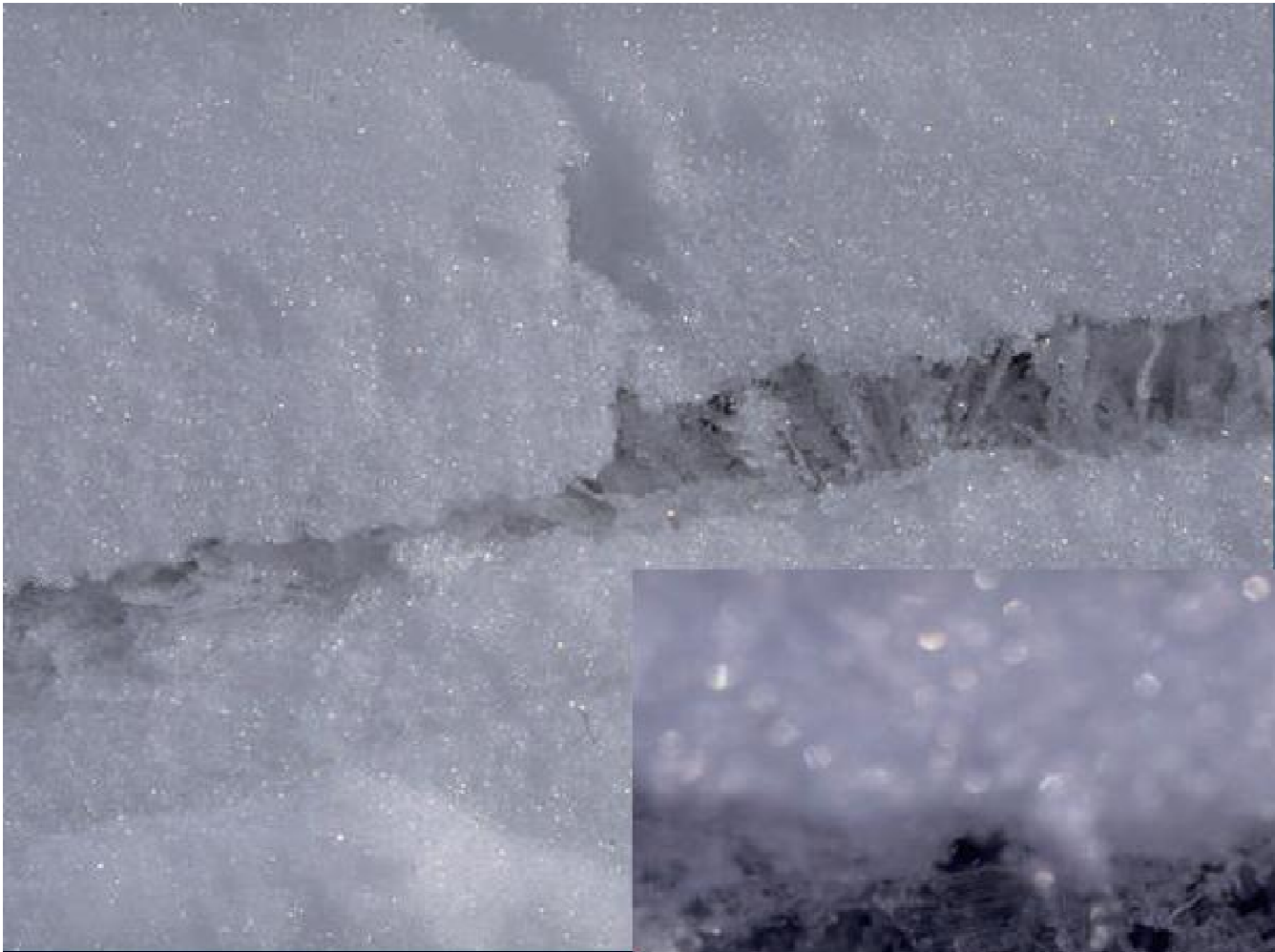
BRINA DI SUPERFICIE (SH)



Struttura del manto nevoso

Situazione 2





Condizioni che favoriscono la crescita di brina di superficie



Cielo sereno

Favorisce il raffreddamento della superficie del manto nevoso (quindi la creazione di un substrato freddo) attraverso l'irraggiamento

Assenza di vento o vento debole

La presenza di vento impedisce il raggiungimento della temperatura di rugiada. La calma di vento o il vento molto debole, invece, favorisce un continuo apporto di umidità e la rapida crescita della brina di superficie

Terreno poco esposto al vento (vallecole, radure bosco, limite del bosco)

Temperature dell'aria basse Aumentano l'umidità relativa

Alta umidità relativa

Apporta più umidità disponibile per la crescita dei cristalli di brina di superficie

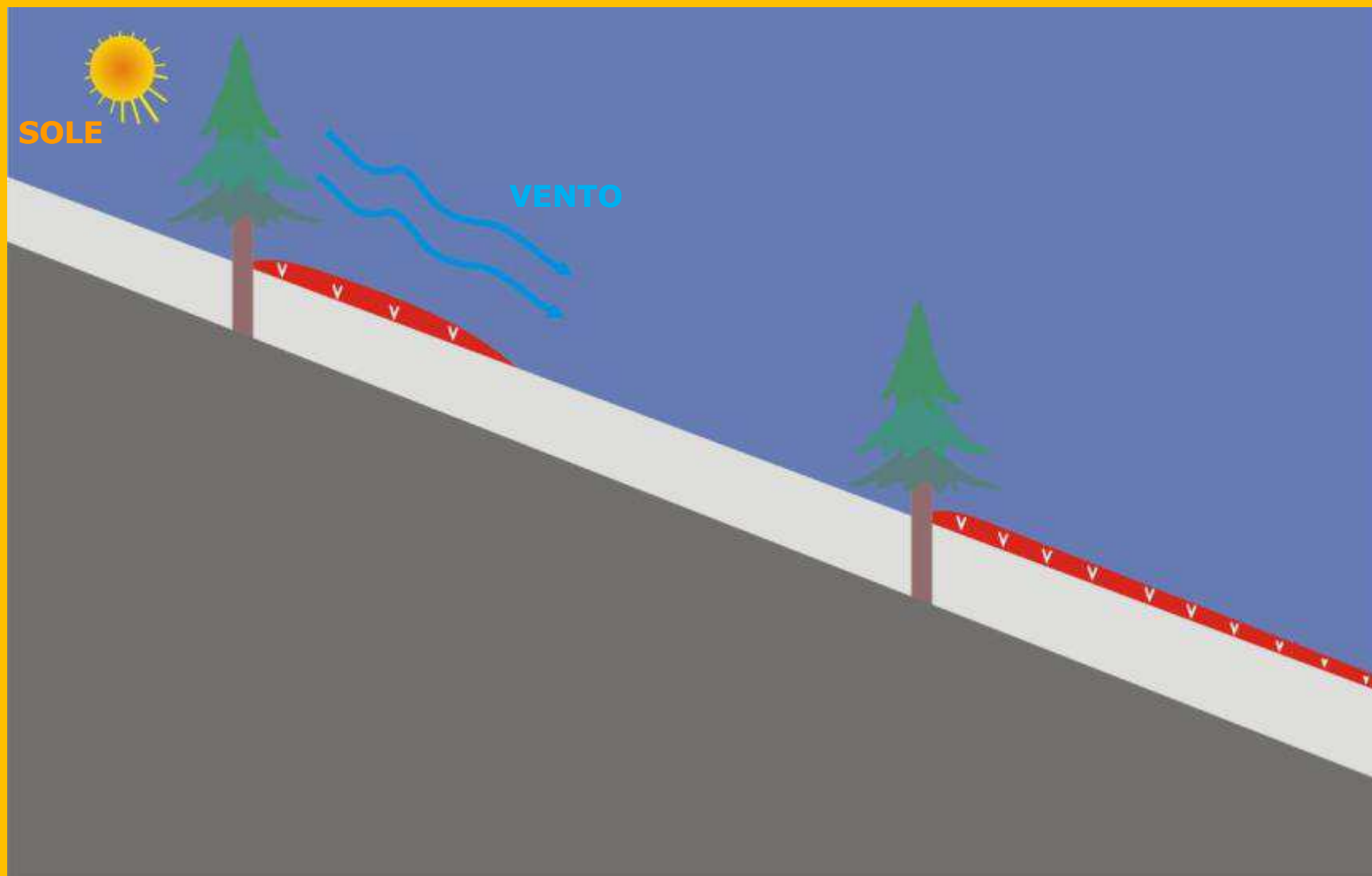
Vicinanza a fonti di vapor d'acqua

Corsi d'acqua, specchi lacustri, terreno umido e vegetazione favoriscono l'aumento dell'umidità relativa delle masse d'aria

Formazione della brina di superficie



Formazione della brina di superficie



Formazione della brina di superficie



GALAVERNA



Altre forme – Galaverna



Pioggia su neve



Grandine



