



# **METEOROLOGIA ALPINA INVERNALE E PREVISIONI DEL TEMPO IN MONTAGNA**

GIANNI MARIGO  
UFFICIO METEOROLOGIA ALPINA – CENTRO VALANGHE DI ARABBA



# Sommario

- Le situazioni meteorologiche caratteristiche sulle Alpi
- La **pressione**; le zone di alta e bassa pressione
- **Vento**, Wind chill e suoi effetti
- L'**Umidità** dell'aria
- La **condensazione** delle masse d'aria: i tipi di **precipitazione**
- **Stau e Föhn**
- **Zero termico**
- **Inversione termica**
- **Limite delle neviccate**

**LE PREVISIONI METEOROLOGICHE**

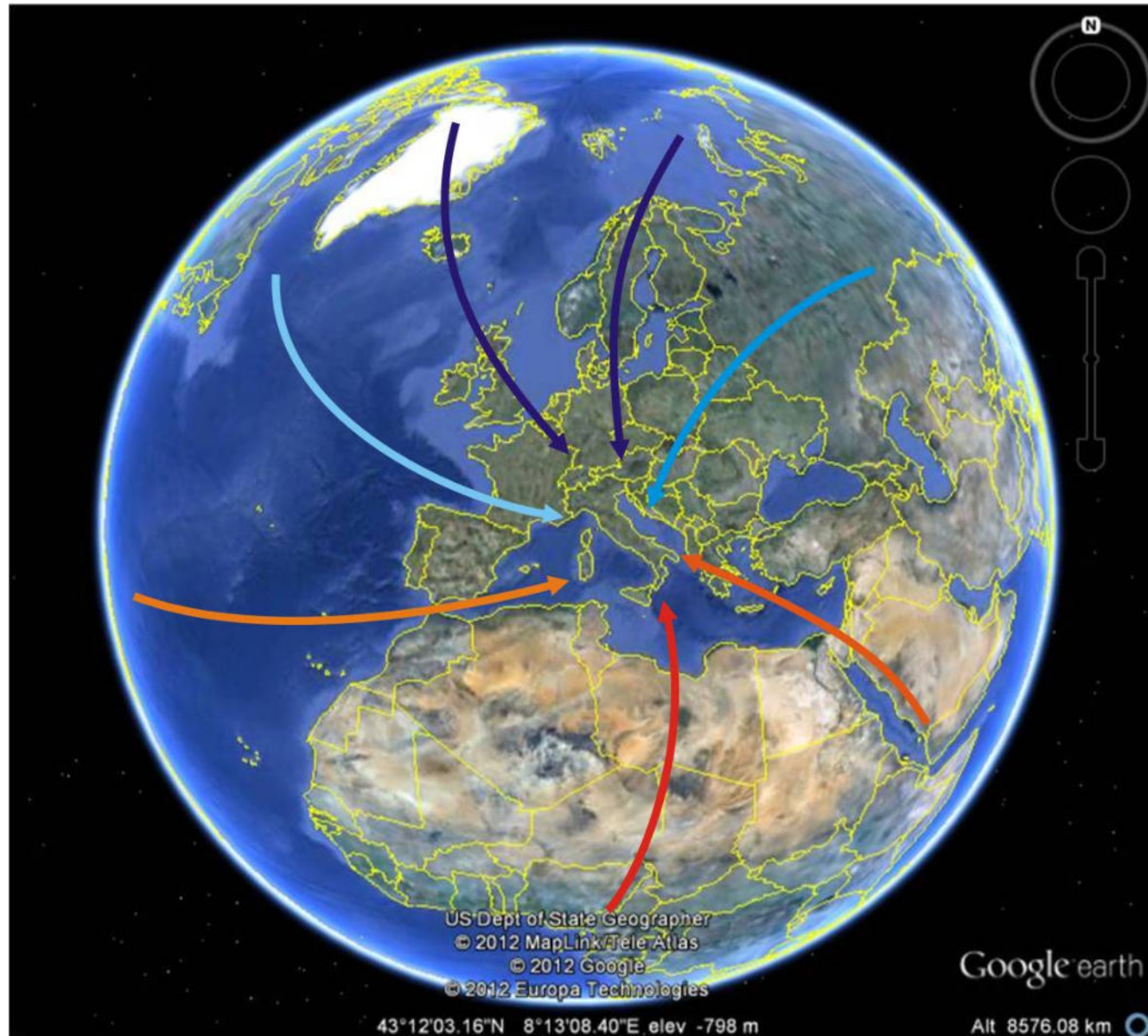


# Le situazioni meteorologiche sulle Alpi

- ✓ La catena alpina, per la sua posizione in mezzo al continente europeo e le latitudini medie, è interessata da masse d'aria di origini molto diverse: marittime dall'Atlantico e dal Mediterraneo, continentali dall'Europa del Nord e dalla Russia, nonché dall'Africa
- ✓ L'orografia e l'altitudine delle Alpi, inoltre, creano un effetto barriera piuttosto rilevante, basta vedere le differenze climatiche fra il versante nord ed il versante italiano; questo effetto barriera genera modifiche aerologiche e fisiche importanti sulle masse d'aria che devono scavalcare l'ostacolo montano



# Origini delle masse d'aria





## La Pressione Atmosferica

Cos'è?

La forza esercitata su una superficie qualsiasi da tutte le porzioni di aria sovrastanti (pressione idrostatica)

**Unità di misura:**

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ mb} = 0.001 \text{ Bar}$$

Andamento con la quota:

$$p = p_0 \exp [-0.0034 (z - z_0)/T]$$

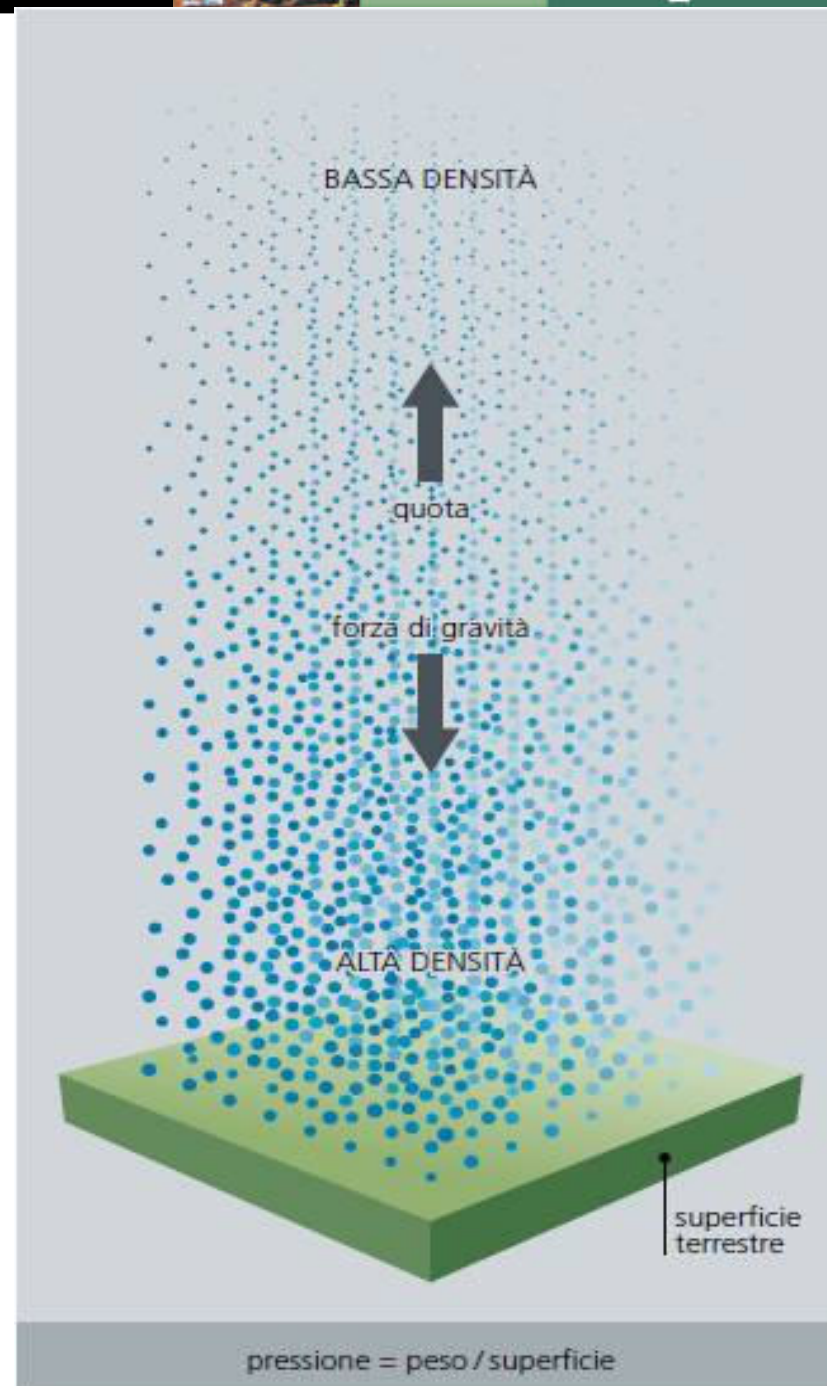
La pressione decrece con la quota non linearmente.

Ma con buona approssimazione si può dire che:

nei primi 1000 metri di quota la pressione decresce di 1 hPa ogni 8 metri

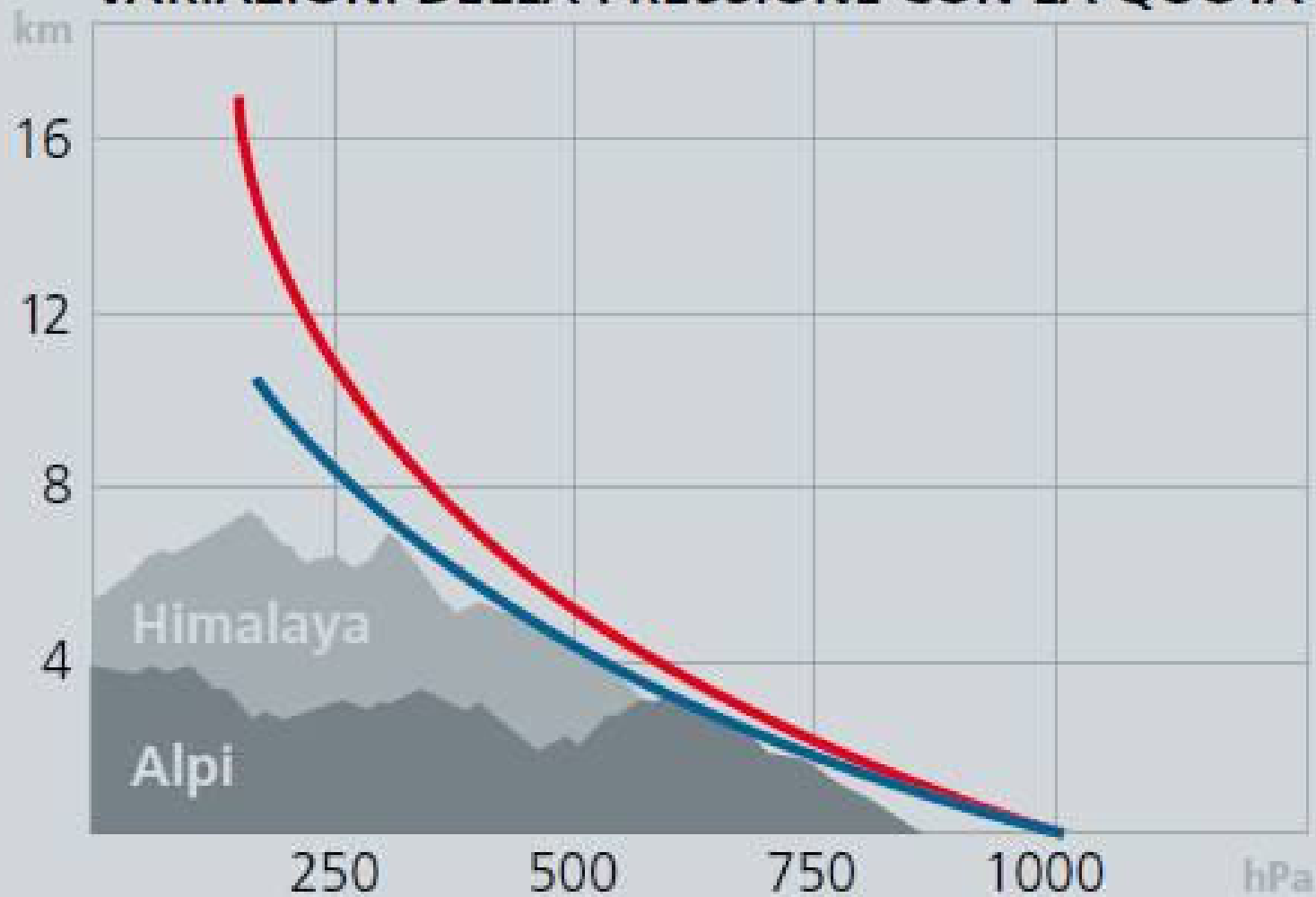
tra 1000 e 3000 metri la pressione decresce di 1 hPa ogni 10 metri

sopra i 3000 metri la pressione decresce di 1 hPa ogni 14 metri



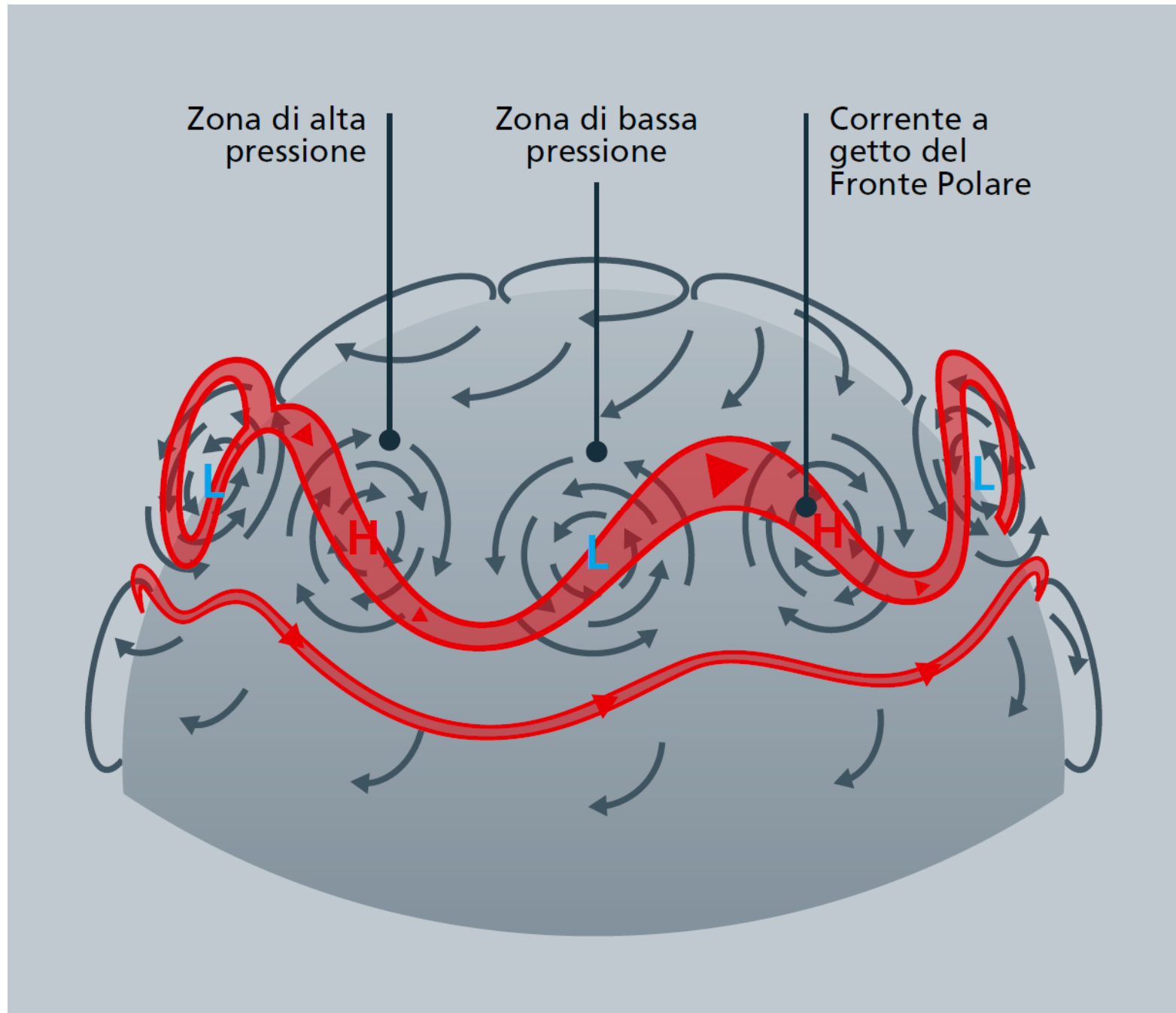


### VARIAZIONI DELLA PRESSIONE CON LA QUOTA



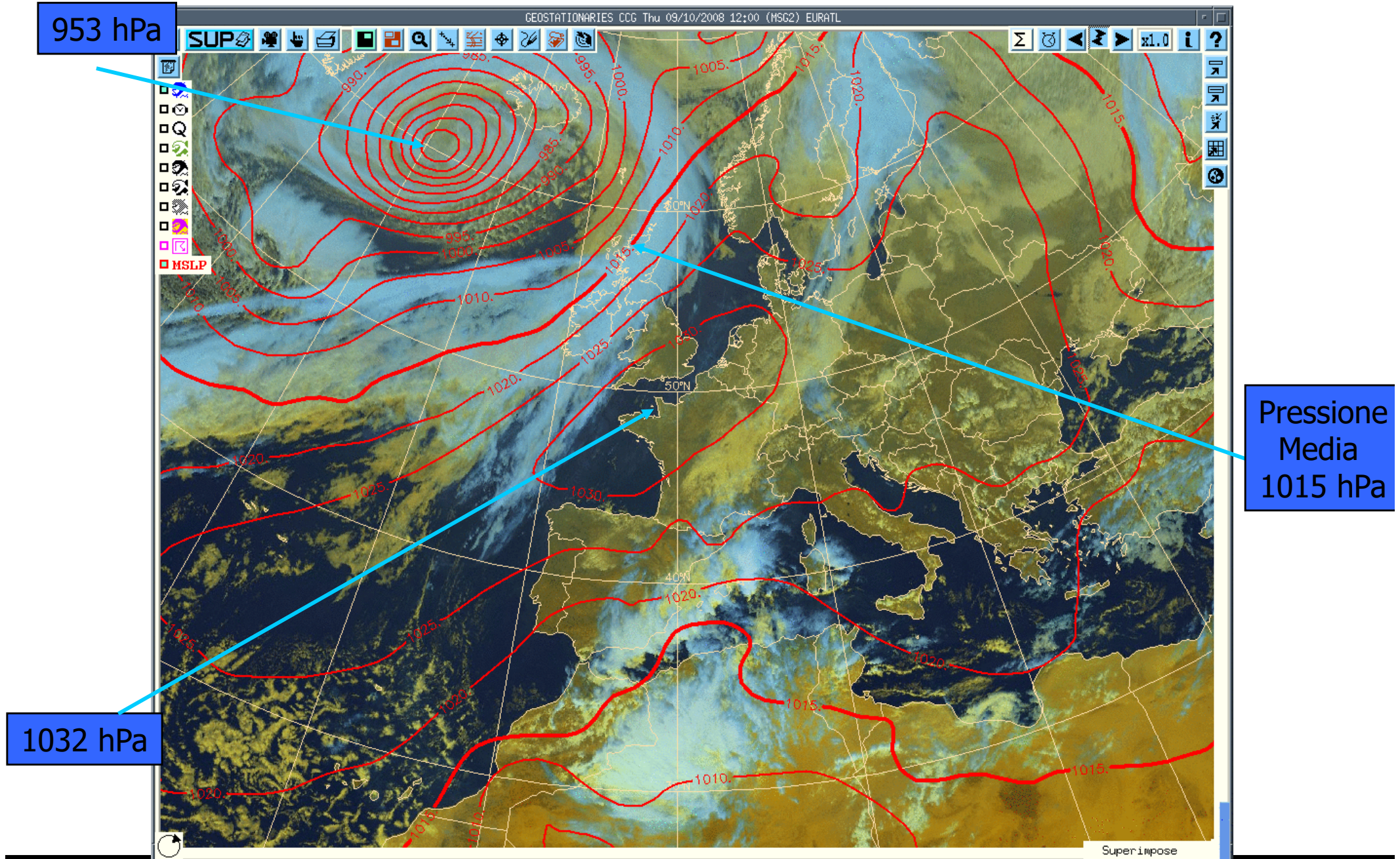
— aria calda

— aria fredda





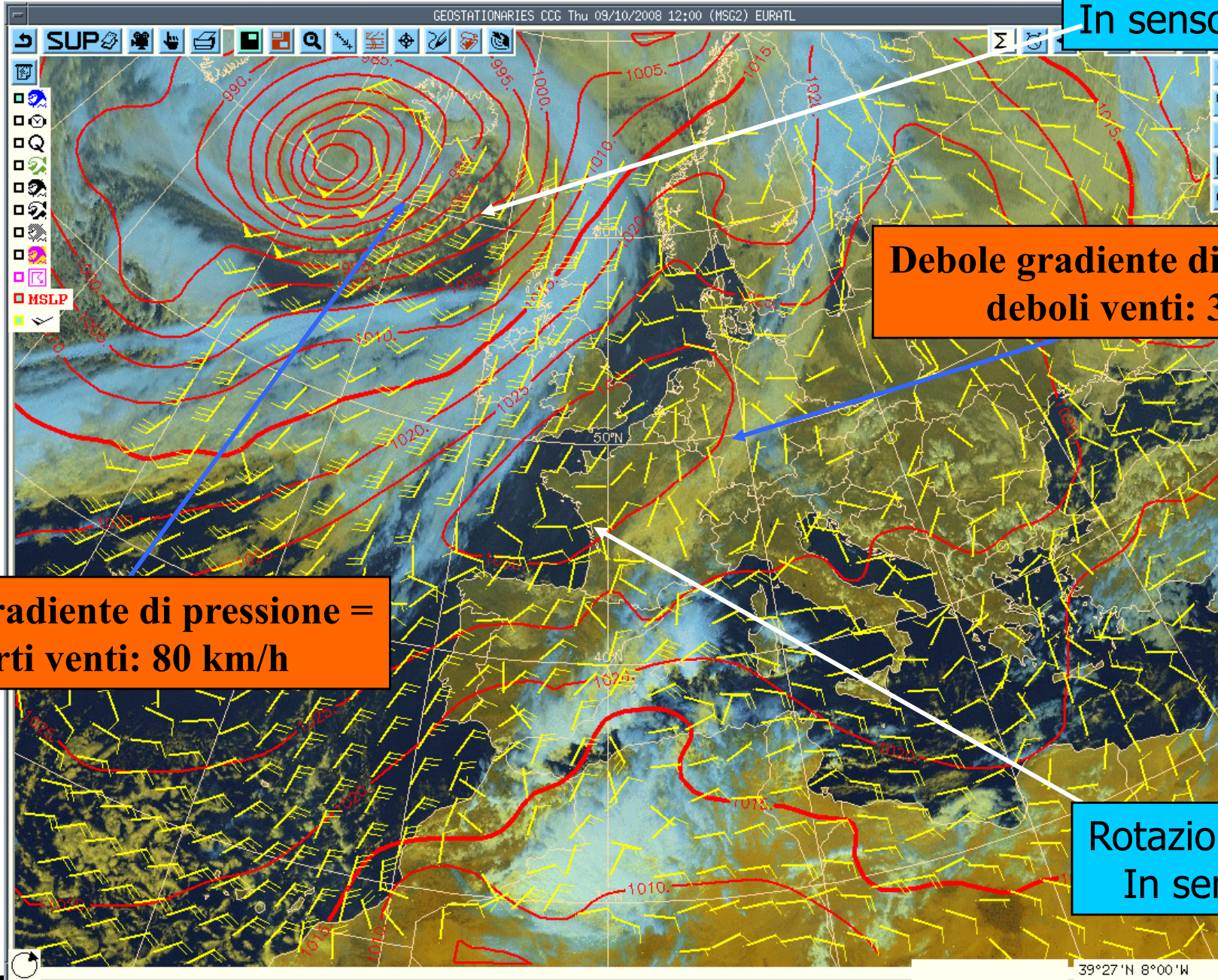
# ALTA PRESSIONE O BASSA PRESSIONE





# ALTA PRESSIONE O BASSA PRESSIONE

Rotazione dei venti  
In senso anti-orario



Debole gradiente di pressione =  
deboli venti: 3 km/h

Forte gradiente di pressione =  
Forti venti: 80 km/h

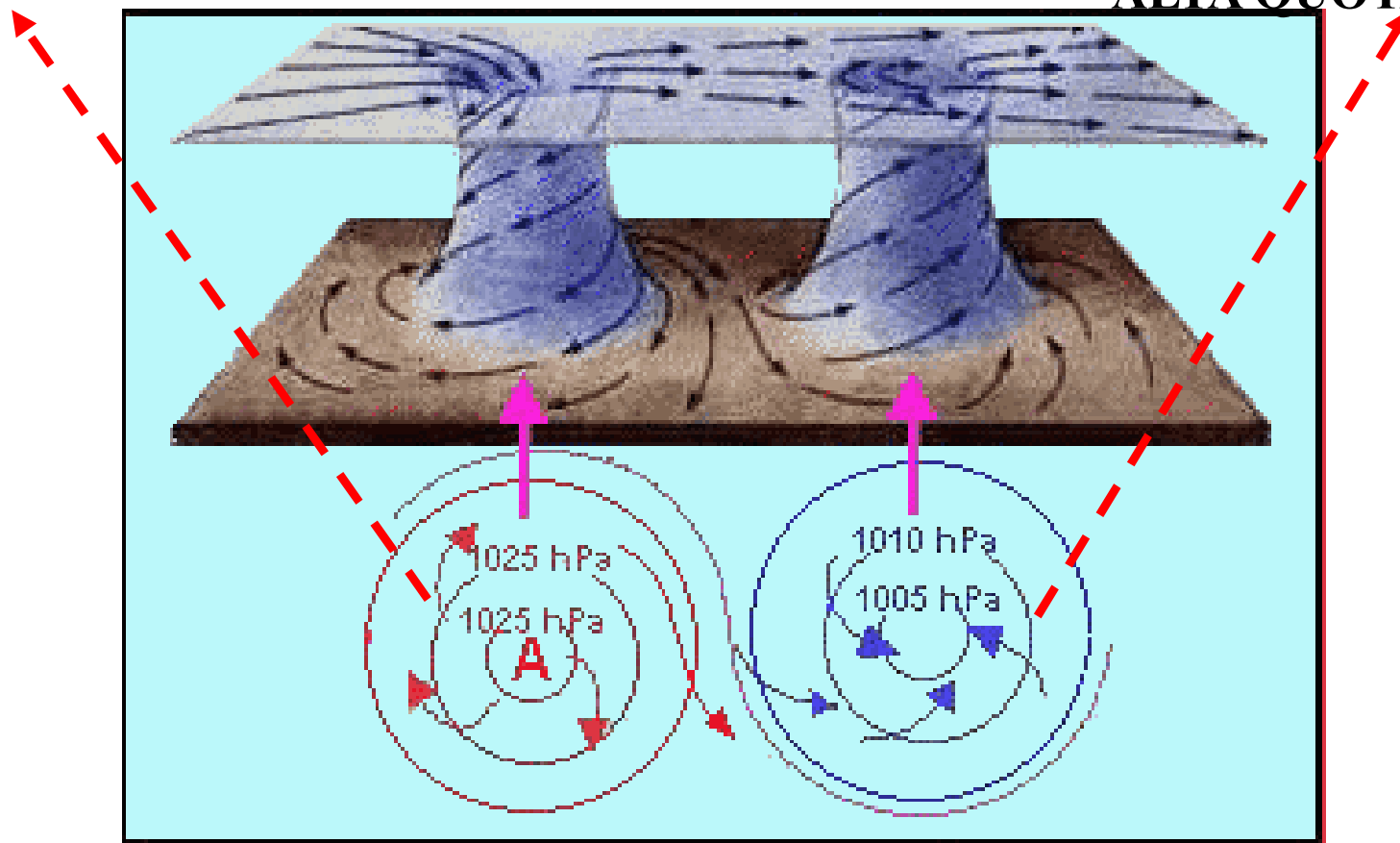
Rotazione dei venti  
In senso orario

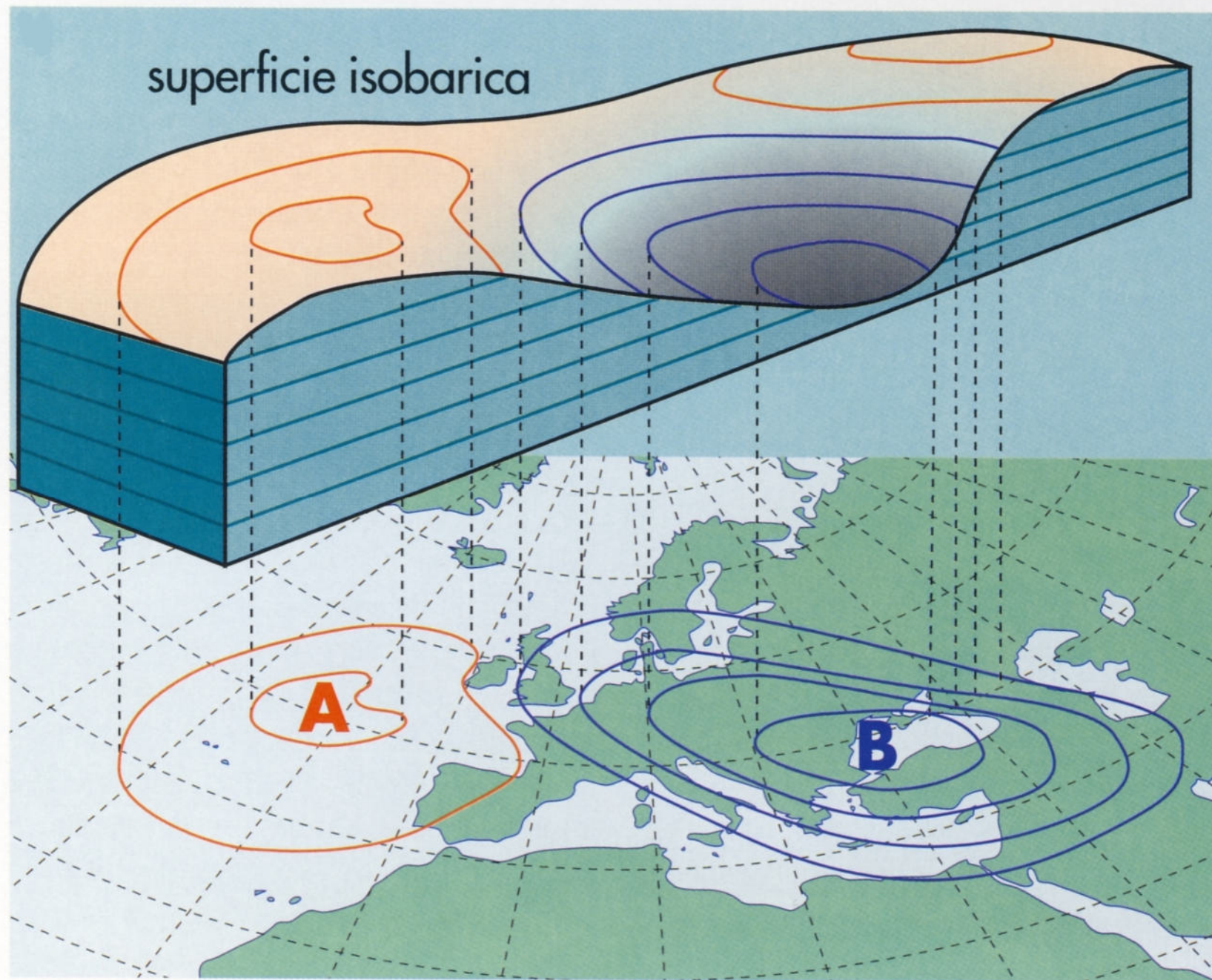


## ANTICICLONE E DEPRESSIONE CIRCOLAZIONE TRIDIMENSIONALE

**ANTICICLONE = CONVERGENZA IN ALTA QUOTA ED AVVITAMENTO DELL'ARIA VERSO IL BASSO IN SENSO ORARIO; INFINE DIVERGENZA AL LIVELLO DEL SUOLO**

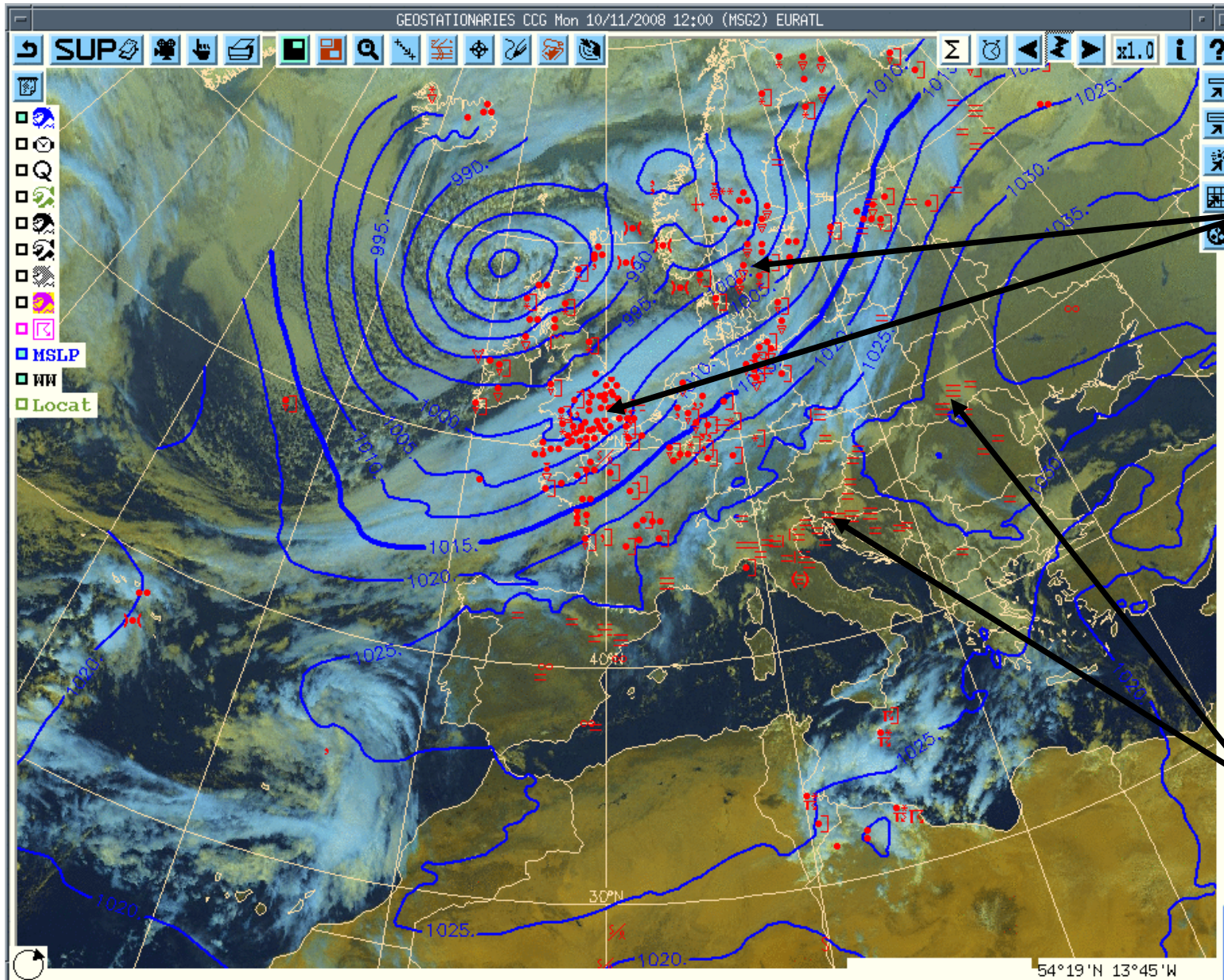
**DEPRESSIONE = CONVERGENZA NEI BASSI STRATI ATMOSFERICI E MOTO VERTICALE VERSO L'ALTO DELL'ARIA IN SENSO ANTI ORARIO; INFINE DIVERGENZA IN ALTA QUOTA**







# Il tempo collegato (non sempre)

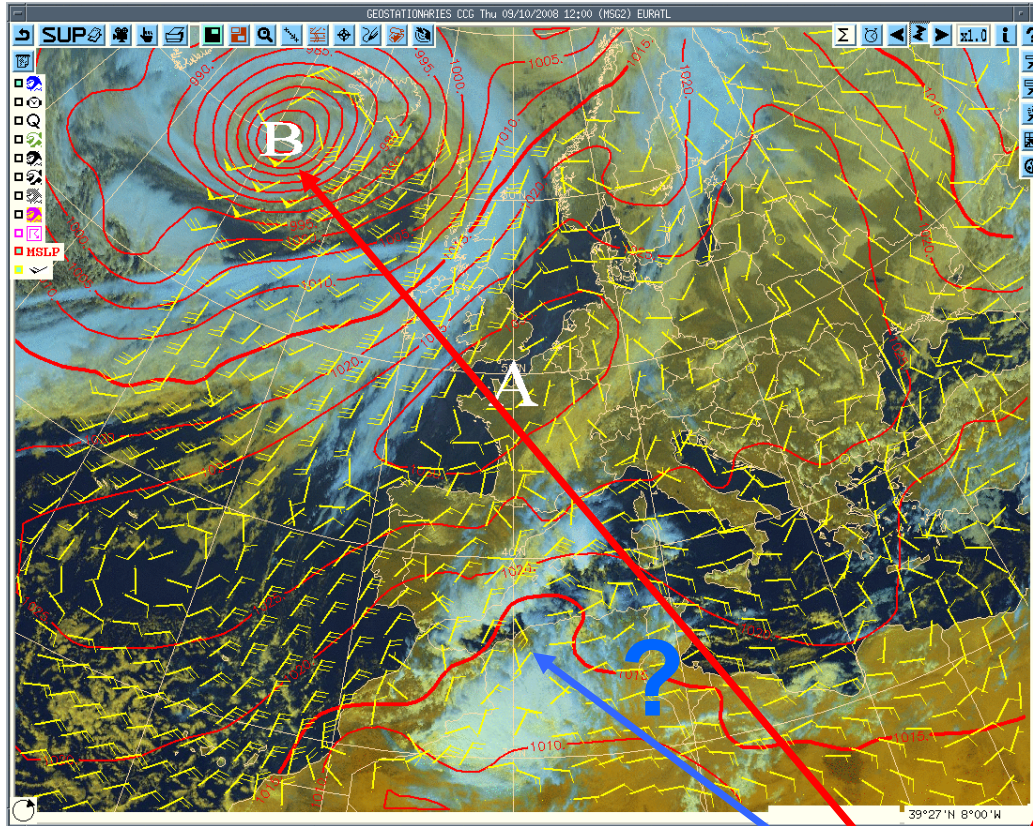


**BASSA PRESSIONE**  
Simbolo delle piogge  
e dei rovesci

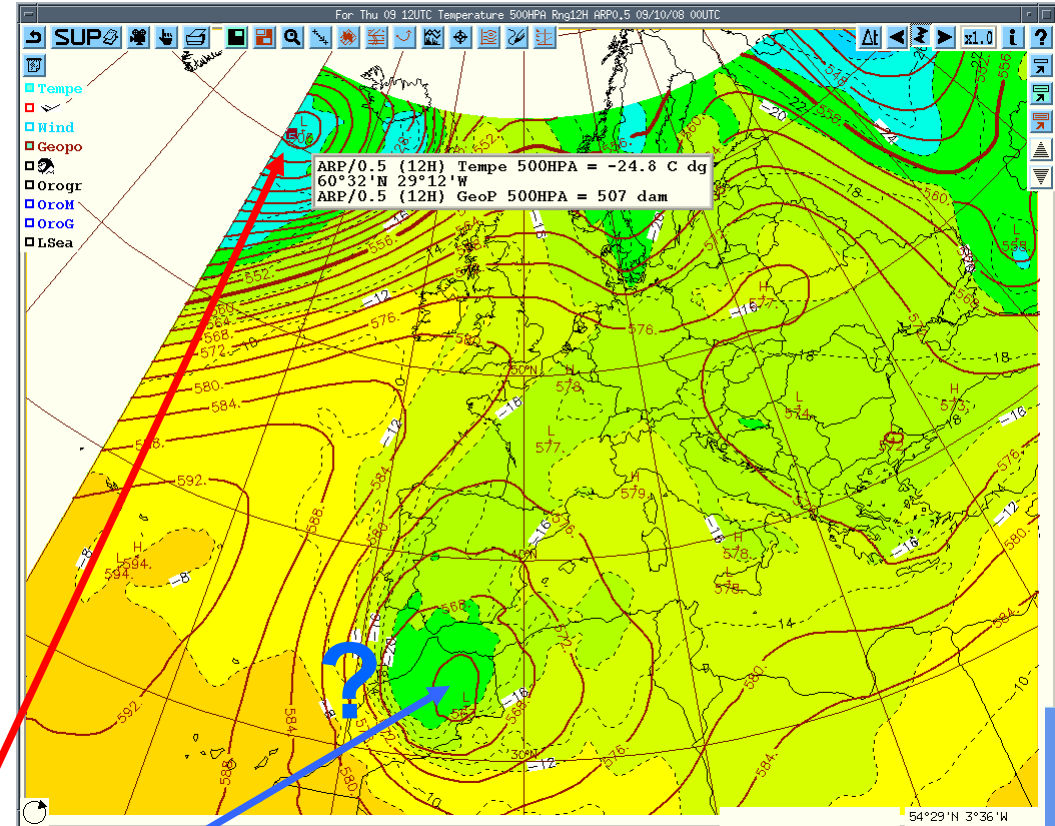
**ALTA PRESSIONE**  
Simbolo delle nebbie  
o nubi basse



### Carta al suolo



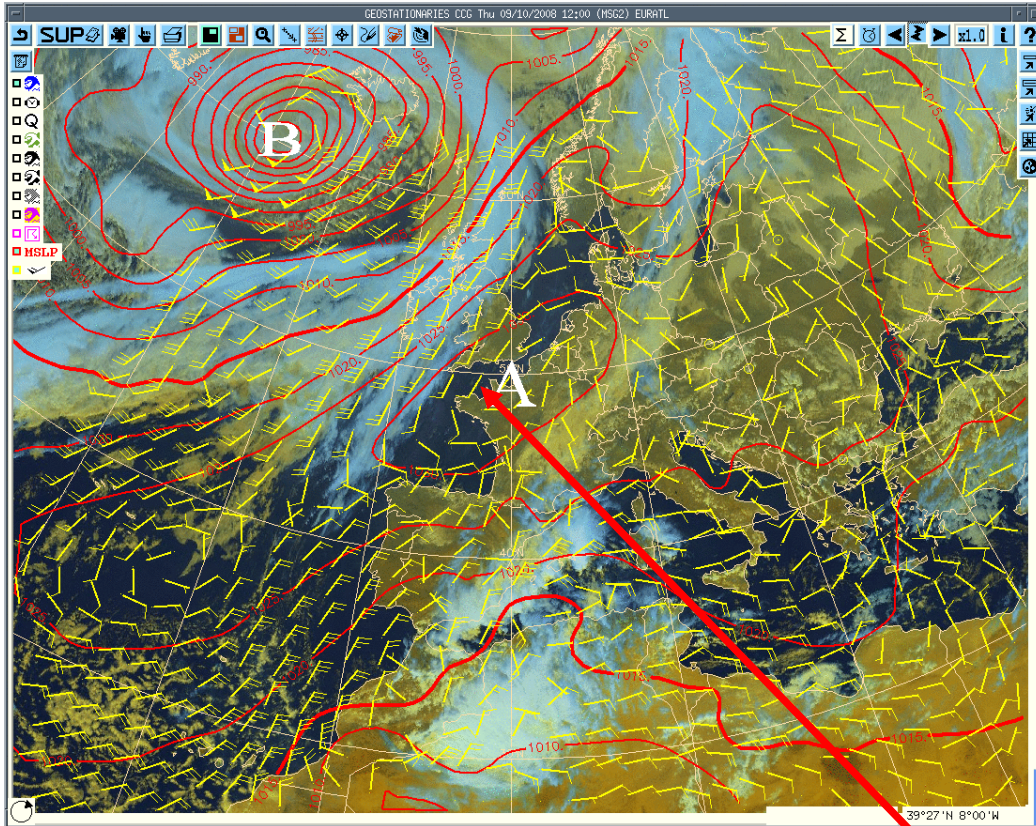
### Carta al 500 hPa (5600 m)



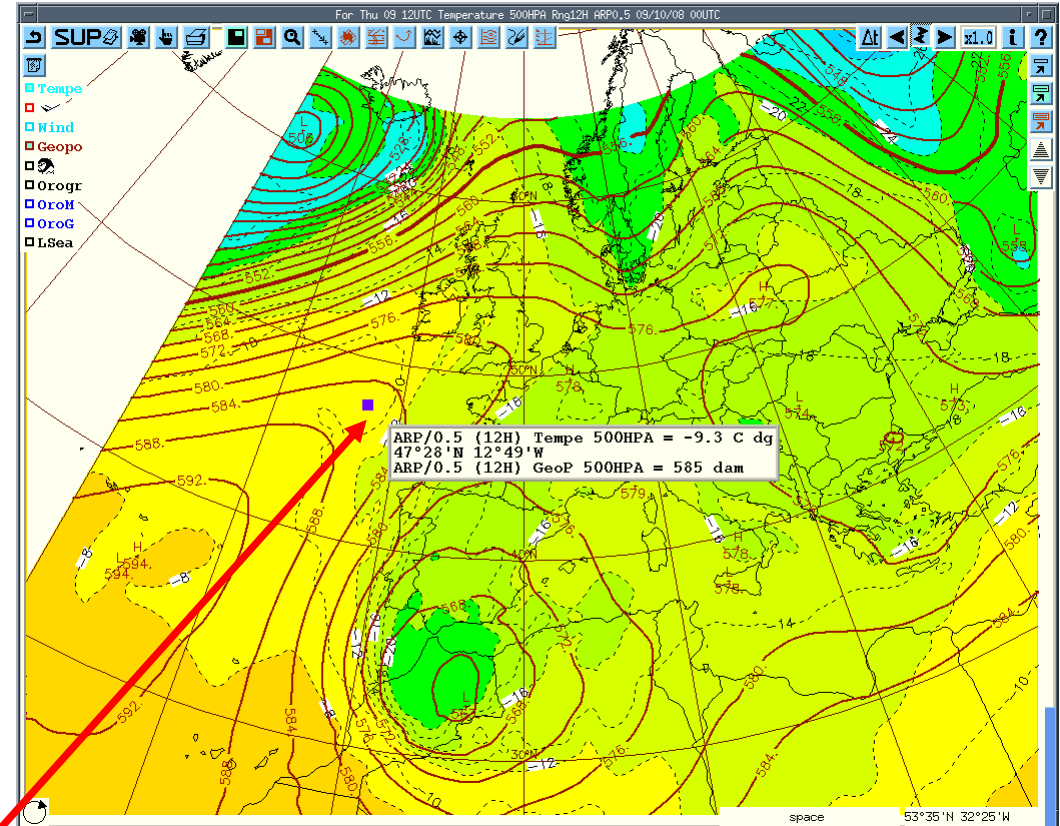
**La bassa pressione al suolo è generalmente sormontata da un nucleo di aria fredda in quota, ad esempio a Sud-Ovest dell'Islanda (-25.8°C a 5070 m)**



### Carta al suolo



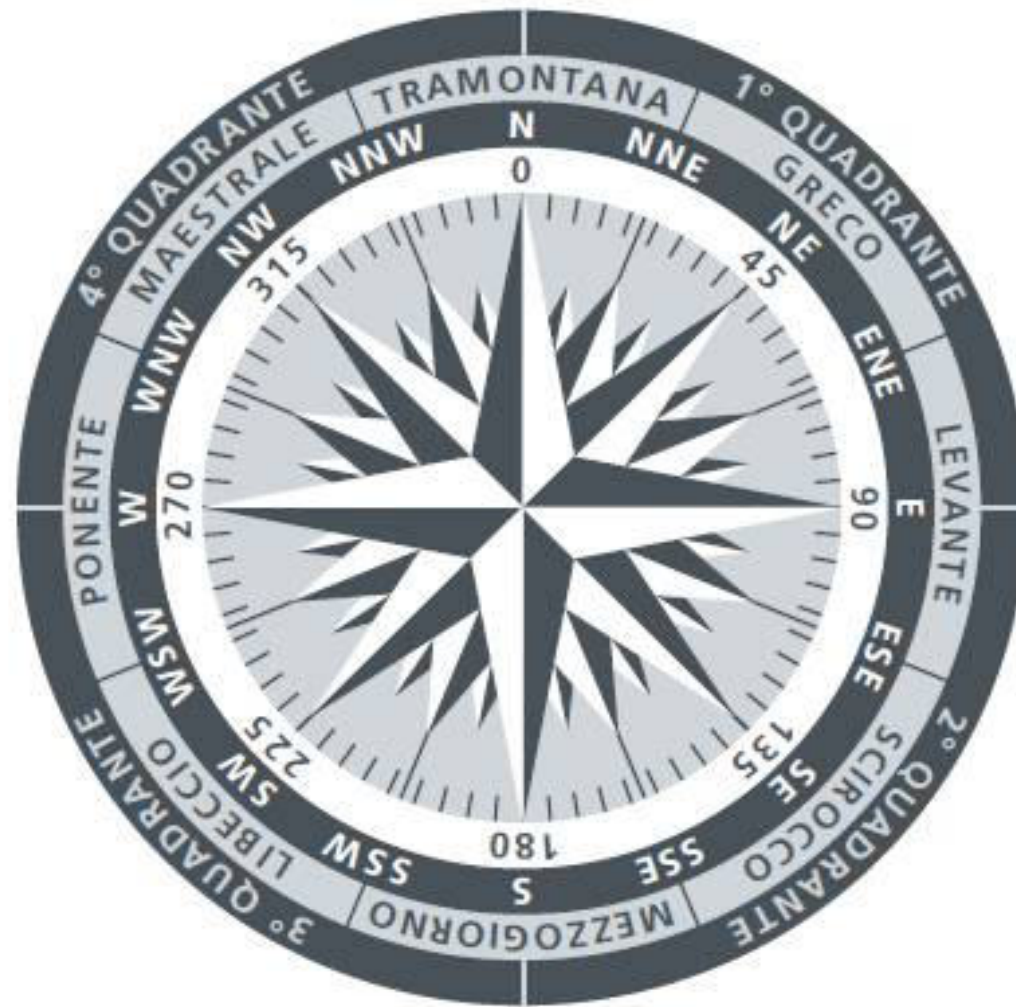
### Carta al 500 hPa (5600 m)

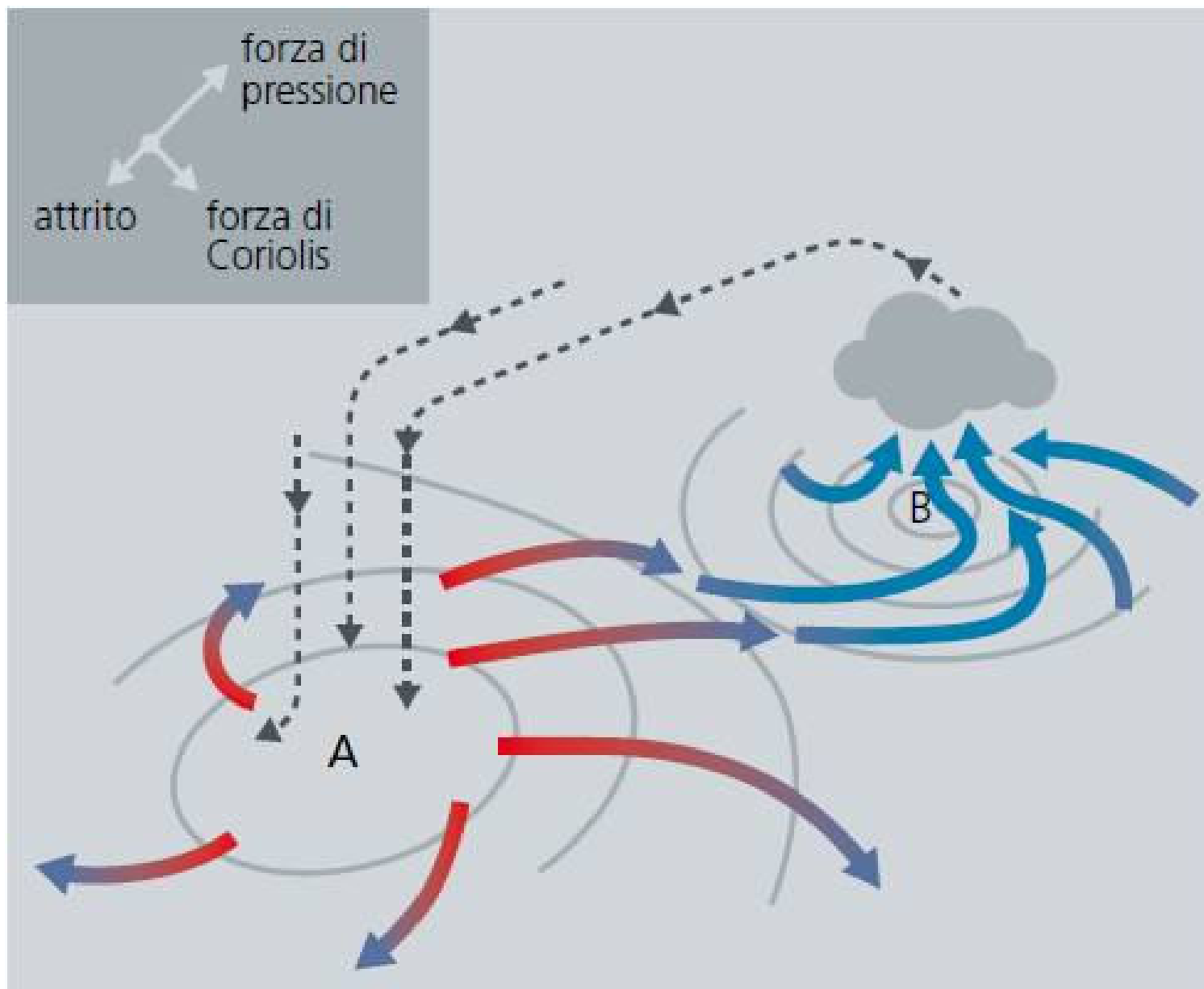


**L'alta pressione al suolo è generalmente sormontata da un promontorio in quota, con presenza d'aria piuttosto mite, ad esempio al largo della Francia (-9.3°C a 5850 m)**



# IL VENTO

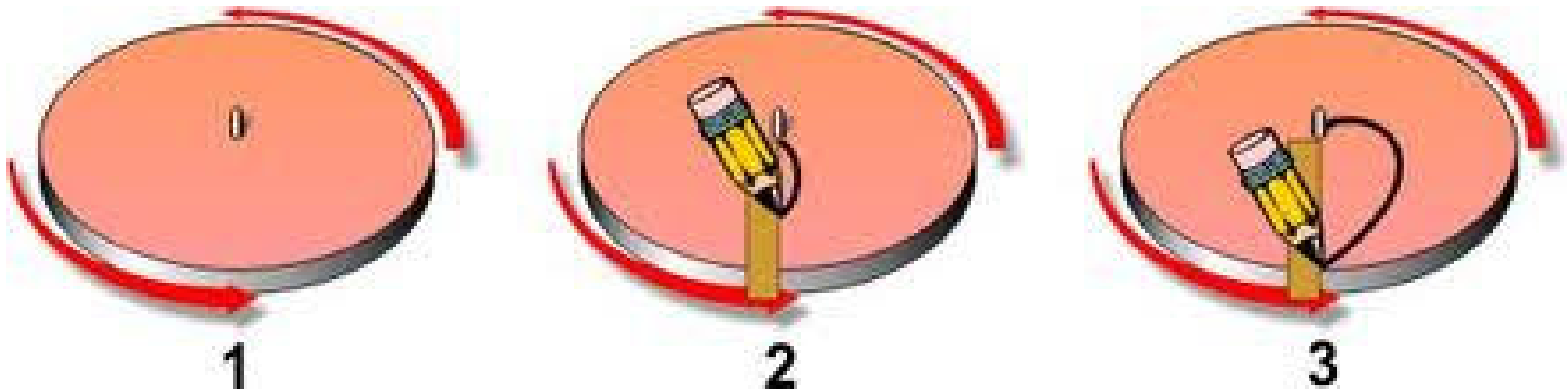




Il vento è il **movimento** di una massa d'aria che si muove da una zona di alta pressione (relativa) verso una zona di bassa pressione (relativa).



# Deviazione dovuta alla forza di Coriolis



A grande scala, nell'emisfero Nord, la direzione del vento è deviata verso destra a causa della **Forza di Coriolis**, che dipende dalla rotazione dell'asse terrestre.



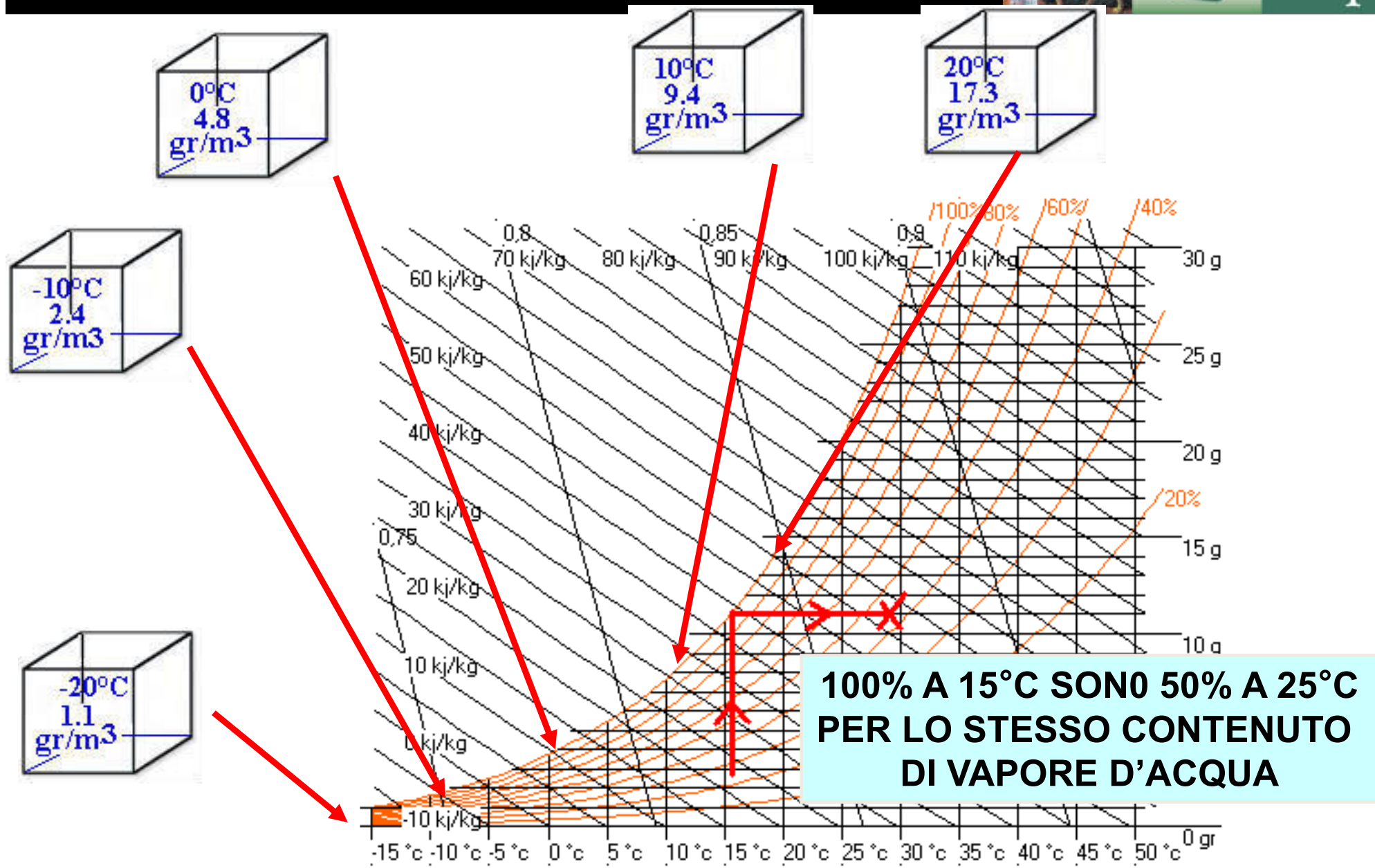
GRADO	INTENSITÀ	VELOCITÀ (km/h)	VELOCITÀ (m/s)	EFFETTI IN MONTAGNA E RACCOMANDAZIONI
1	debole	0 - 18	0 - 5	il fazzoletto si muove debolmente; si sente il vento sul viso; nessun accumulo di neve
2	moderata	18 - 36	5 - 10	il fazzoletto è completamente teso dal vento; inizio degli accumuli di neve; il vento non infastidisce durante l'escursione
3	forte	36 - 60	10 - 17	il vento si fa sentire (fremito del bosco, fischi agli angoli del rifugio, i bastoncini da sci e i cavi tesi "cantano"); accumuli di neve di grandi dimensioni; rischio di congelamenti locali a -10 °C
4	molto forte	60 - 90	17 - 25	generalmente a raffiche irregolari; difficile procedere controvento (bisogna piegarsi); accumuli di neve irregolari in ogni esposizione; le vette e le creste "fumano"; il vento fischia, urla e scuote le costruzioni isolate; spezza i rami degli alberi; possibili congelamenti locali a partire da -5 °C
5	fortissima	> 90	> 25	velocità raggiunte e superate in montagna durante tempeste di föhn o da ovest; progressione eretta molto difficile, equilibrio instabile, è possibile venire gettati a terra; totale redistribuzione della neve al suolo; danni alle costruzioni e alberi sradicati; escursioni impossibili



- Il wind chill esprime il potere raffreddante del vento e quindi la capacità di togliere calore al corpo umano.

WCF	TEMPERATURA DELL'ARIA MISURATA DAL TERMOMETRO (°C)								
VELOCITÀ DEL VENTO (km/h)	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
10	8	2	-3	-8	-14	-19	-26	-30	-36
20	3	-3	-9	-16	-22	-29	-35	-42	-48
30	0	-6	-13	-20	-28	-34	-41	-48	-55
40	-1	-8	-16	-23	-31	-38	-45	-53	-60
50	-2	-10	-17	-25	-33	-41	-48	-56	-64
60	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-66
70	-4	-12	-19	-28	-35	-43	-51	-59	-67
80	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68
	pericolo di congelamento della parte esposta entro 1 ora				pericolo di congelamento della parte esposta entro 1 minuto			pericolo di congelamento della parte esposta entro 30 secondi	

Il suo valore non equivale alla temperatura reale ma a quella avvertita dall'organismo umano per le parti direttamente esposte al vento.



# L'UMIDITÀ DELL'ARIA



# L'UMIDITÀ ASSOLUTA

L'Umidità Assoluta rappresenta il **reale contenuto d'acqua** dell'atmosfera ed è espressa in grammi di H<sub>2</sub>O per metro cubo di atmosfera.

- PIÙ L'ARIA È FREDDA MINORE SARÀ IL SUO CONTENUTO IN VAPORE D'ACQUA (in assoluto)
- PIÙ L'ARIA È CALDA MAGGIORE SARÀ IL SUO CONTENUTO IN VAPORE D'ACQUA (in assoluto)

## TABELLA RIASSUNTIVA

T° C Aria	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C
Pressione di vapore saturo (hPa)	1.25	2.86	6.11	12.27	23.37	42.43
Massima quantità di vapore d'acqua per m <sup>3</sup> d'aria	1.1 gr/kg	2.4 gr/kg	4.8 gr/kg	9.4 gr/kg	17.3 gr/kg	29.2 gr/kg

**A -20°C**  
**1.1gr/Kg**  
**= 100% U**

**A +20°C**  
**17.3gr/Kg**  
**= 100% U**



# L'Umidità Relativa

Una massa d'aria contiene un certo quantitativo di umidità (Umidità assoluta,  $\text{gr}/\text{m}^3$ ).

Il **rapporto tra l'umidità assoluta e quella che potrebbe essere contenuta** nella massa d'aria ad una data temperatura è detta Umidità Relativa. Attorno al 100% di UR si ha **condensazione**.

Es: quando la metà dello spazio disponibile in atmosfera è occupato da acqua, l'Umidità Relativa è pari al 50%.

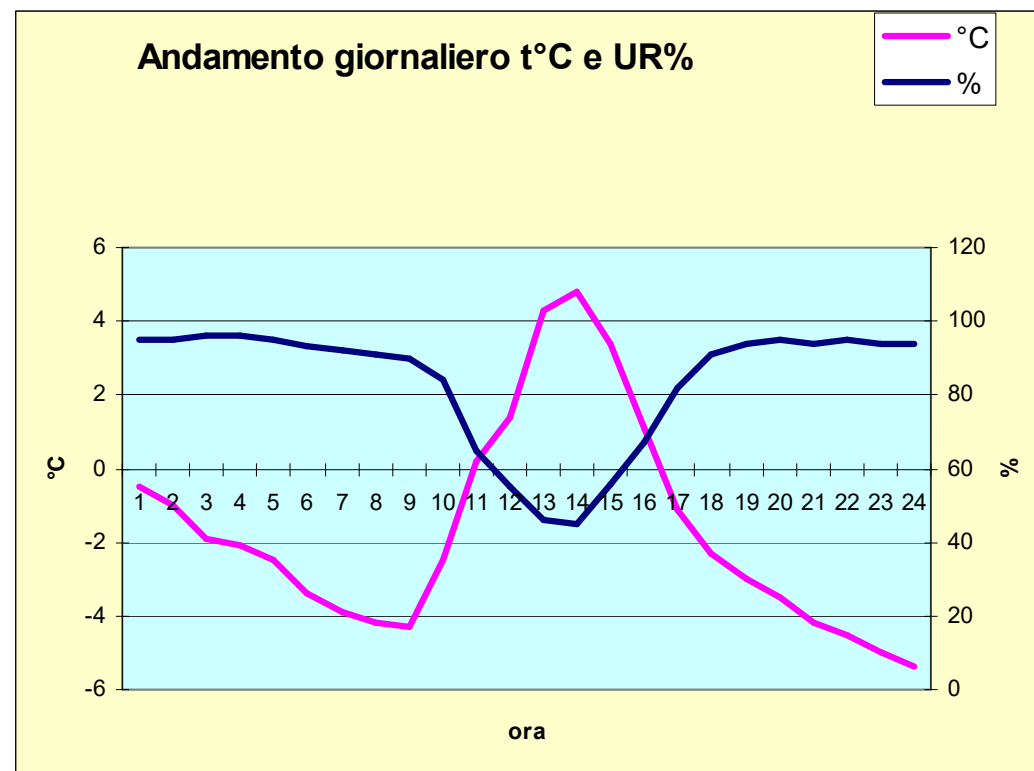


# Temperatura e Umidità Relativa

A pressione costante la Temperatura e l'Umidità Relativa hanno andamenti opposti.

All'aumentare della  $t^{\circ}\text{C}$  diminuisce l'UR, e viceversa al diminuire della  $t^{\circ}\text{C}$  aumenta l'UR.

Es: meccanismo di formazione della nebbia.





# La **condensazione** in atmosfera



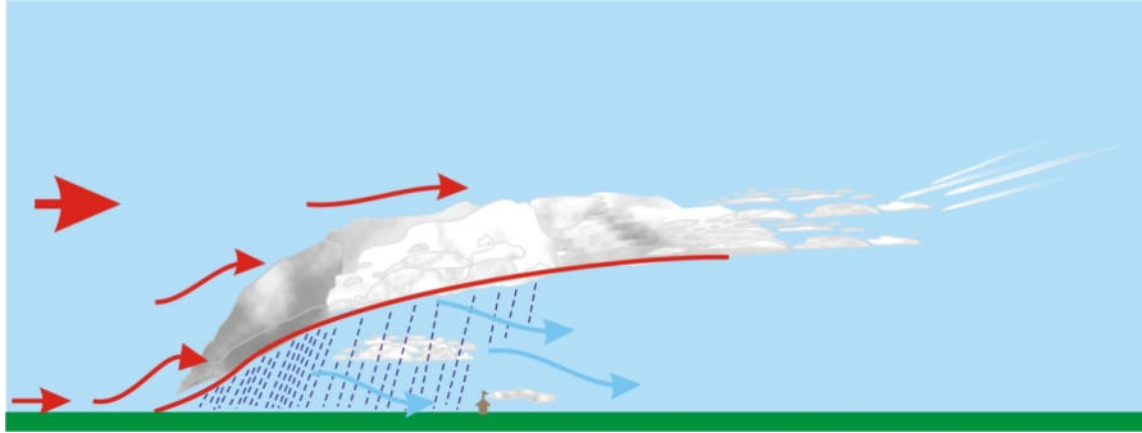
Nell'atmosfera il **raffreddamento** che porta alla **condensazione** delle masse d'aria che poi portano alla formazione di nuvole e piogge è determinato dal **sollevamento** della masse d'aria stesse, che, negli strati superiori dell'atmosfera vengono a contatto con masse d'aria a temperature minori. In questo caso però la maggiore componente di raffreddamento è determinata dalla diminuzione della pressione, che provoca un'espansione della massa d'aria.



# I tipi di precipitazione

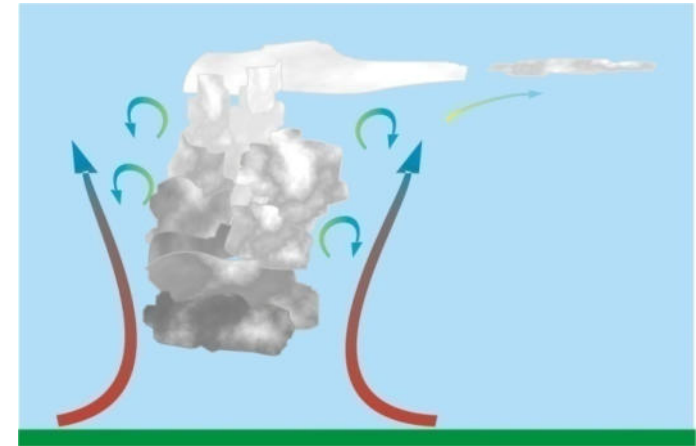
I diversi meccanismi che inducono, attraverso il sollevamento, la condensazione delle masse d'aria, portano a diversi tipi di precipitazione:

1. Frontale (fronte **freddo** o **caldo**)
2. Convettiva (temporale)
3. Orografica (Stau)

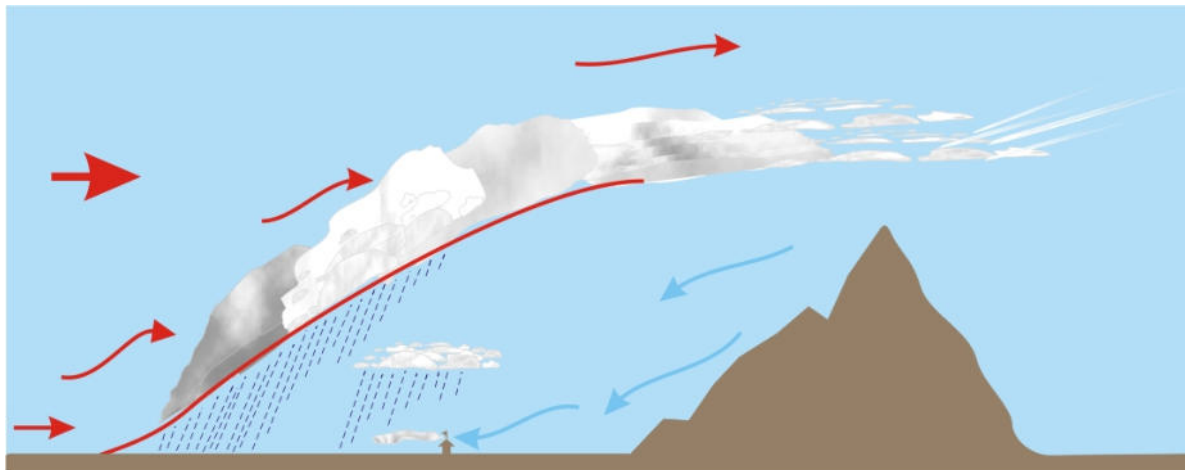


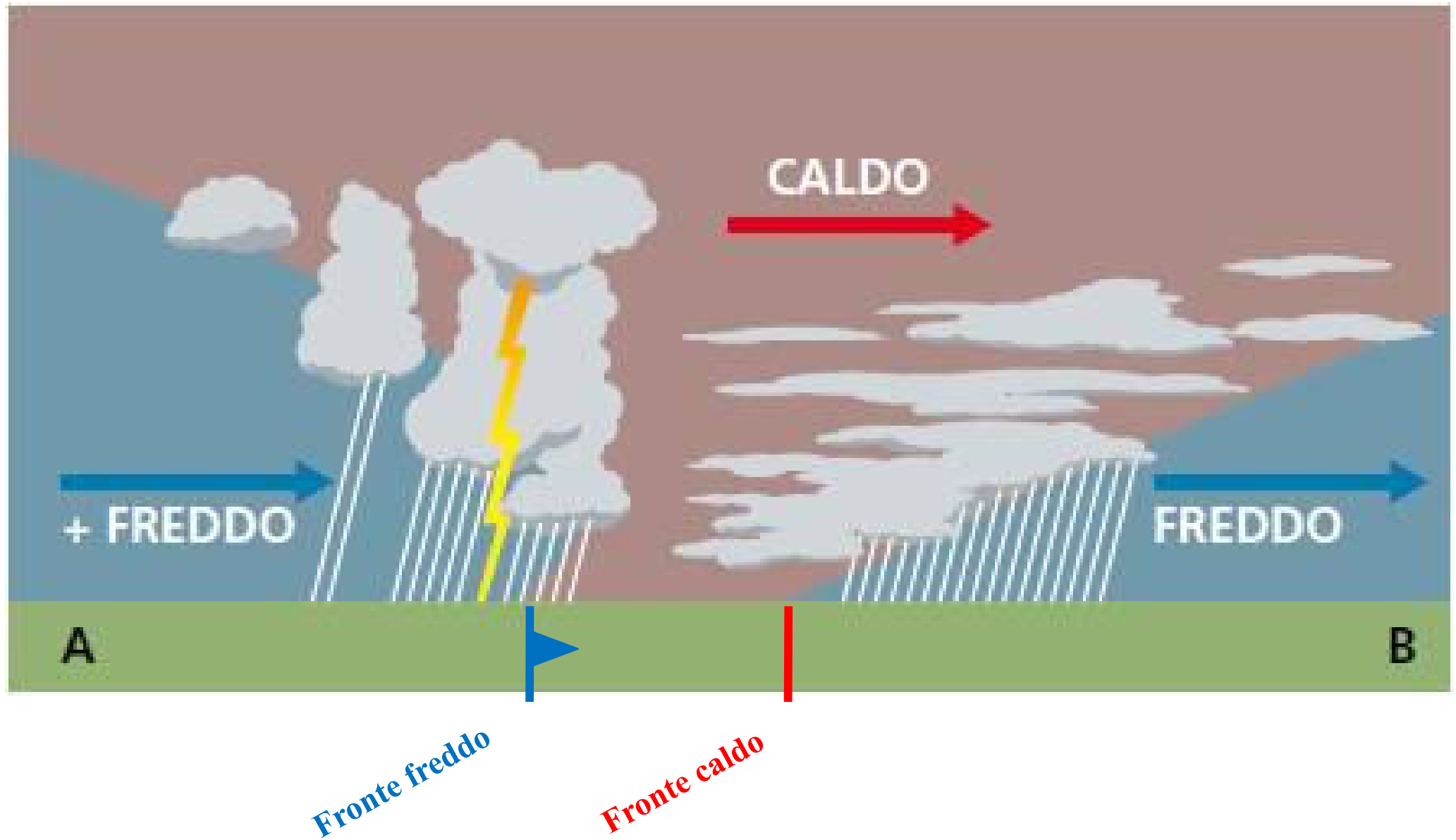
**ASCESA FORZATA  
CONTRO MASSE D'ARIA (frontale)**  
decine di ore

**ASCESA TERMICA CONVETTIVA**  
minuti o poche ore



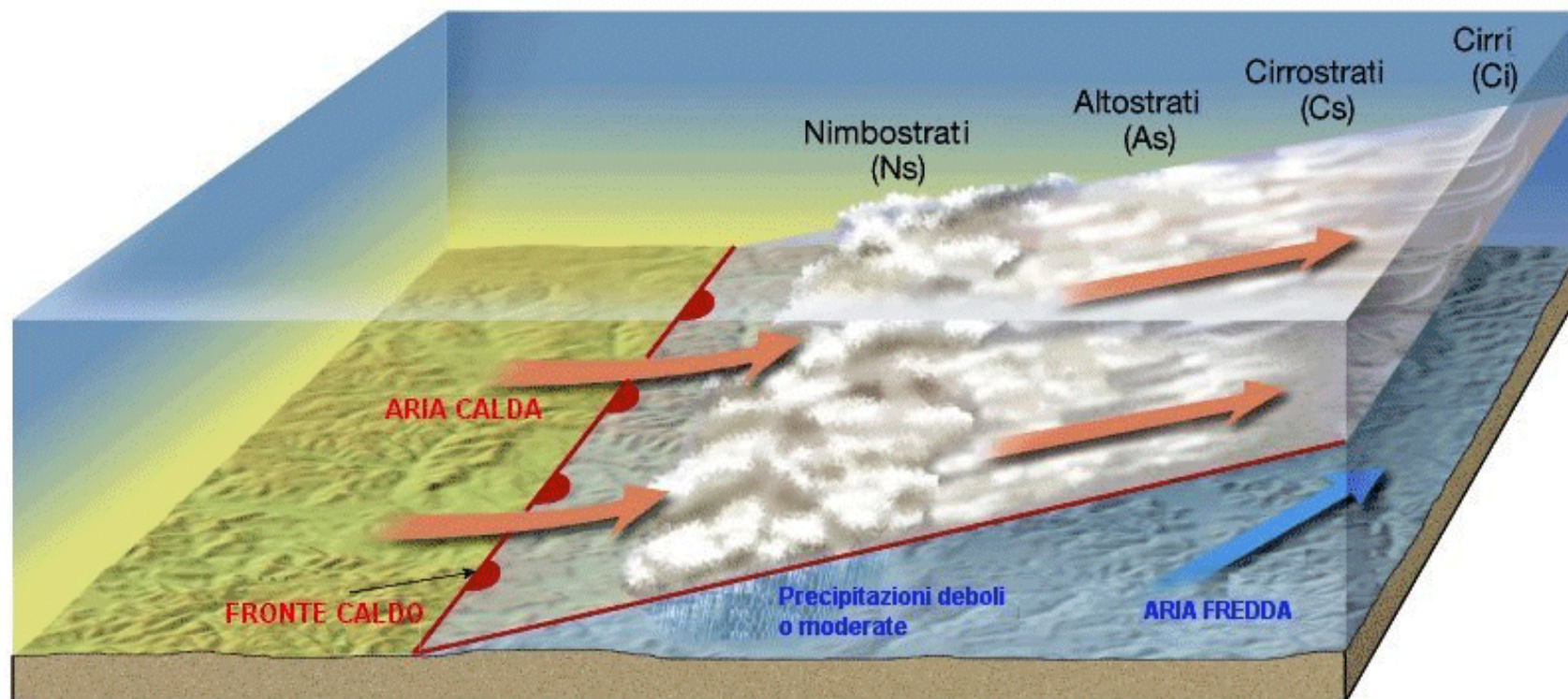
**ASCESA FORZATA  
CONTRO OSTACOLI  
OROGRAFICI**  
decine di ore



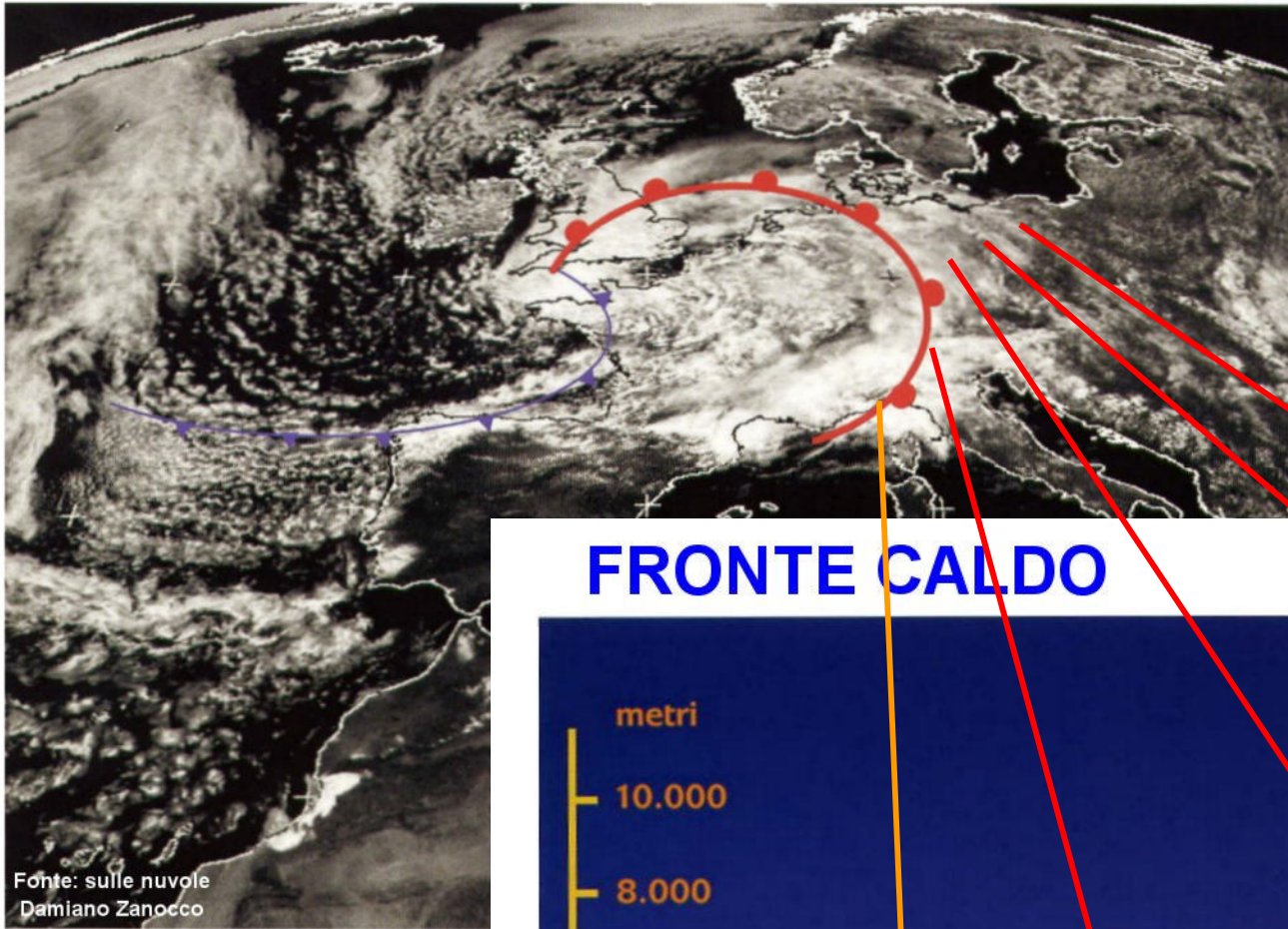


# ILLUSTRAZIONE FRONTALE

## FRONTE CALDO



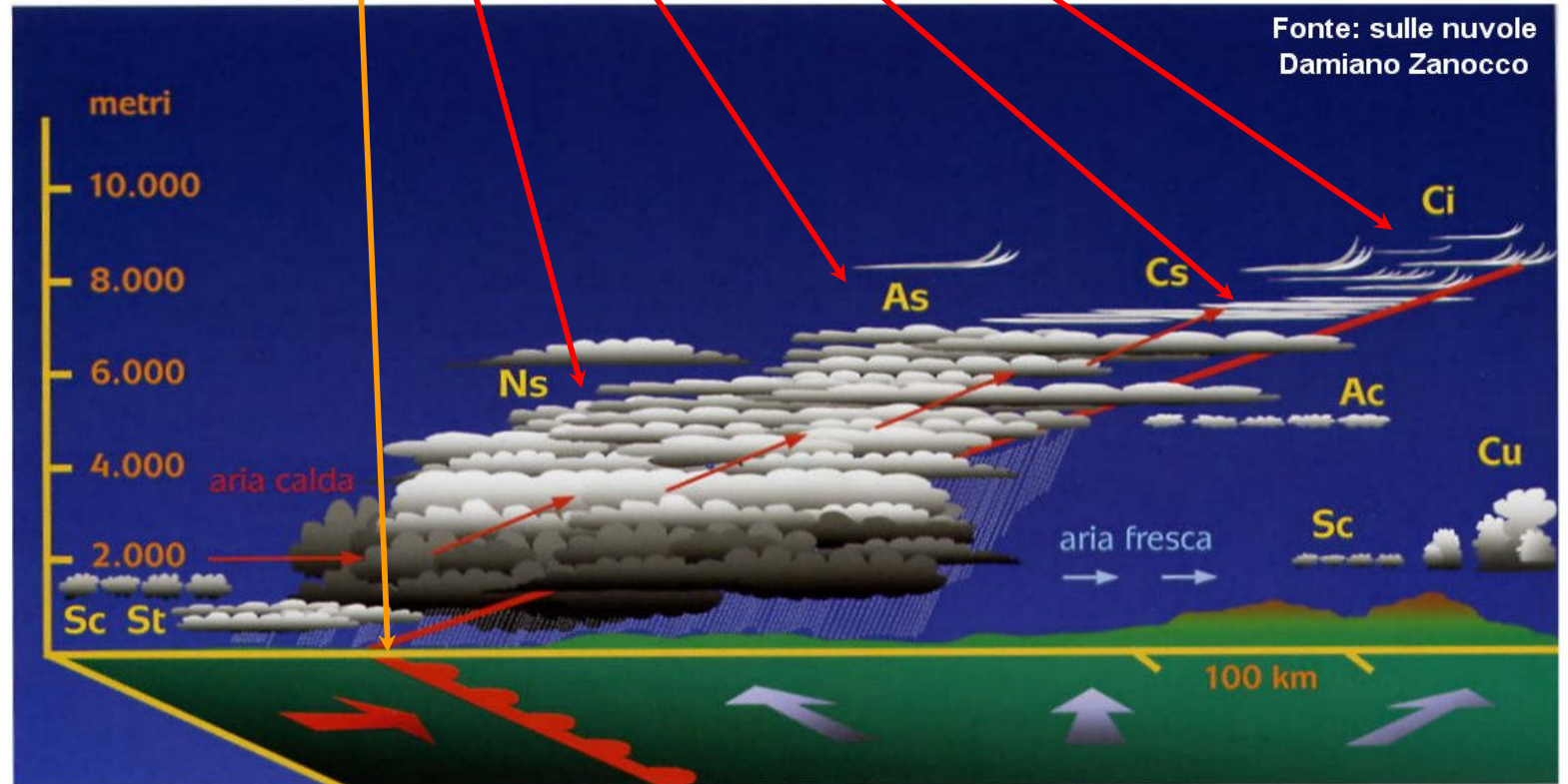
Nel caso di un fronte caldo, l'aria calda meno densa, tende a scivolare sopra l'aria fredda che incontra. In questo contesto l'aria calda ed umida sollevandosi si raffredda ed il vapore acqueo condensa producendo nubi e precipitazioni; si tratta di instabilità piuttosto «debole o moderata», più marcata se oltre al sollevamento frontale vi è la concomitanza di un sollevamento orografico.



Fonte: sulle nuvole Damiano Zanocco

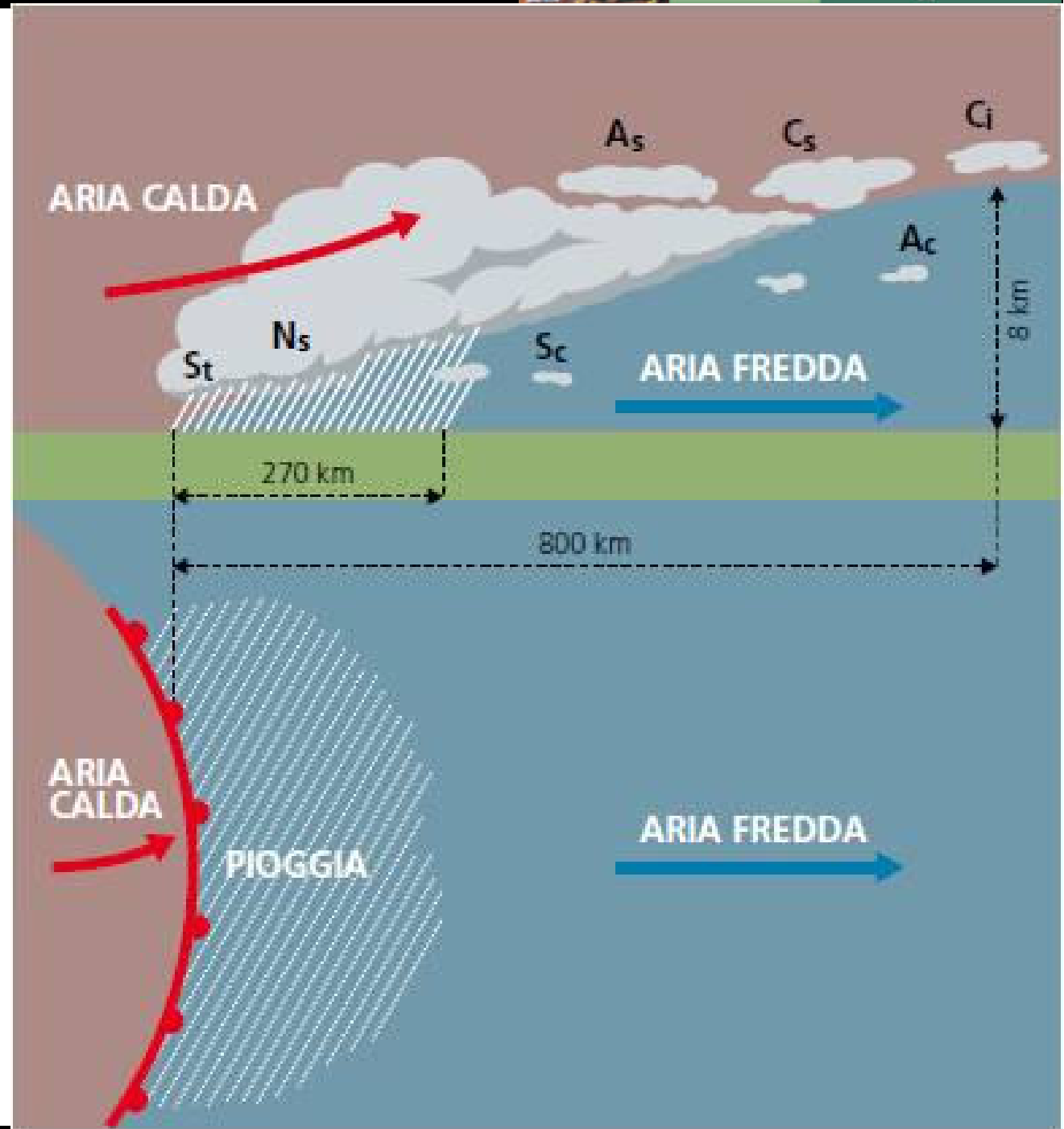
**LA PENDENZA DELLA DISCONTINUITÀ FRONTALE È DI 7 - 10 m/km**

### FRONTE CALDO



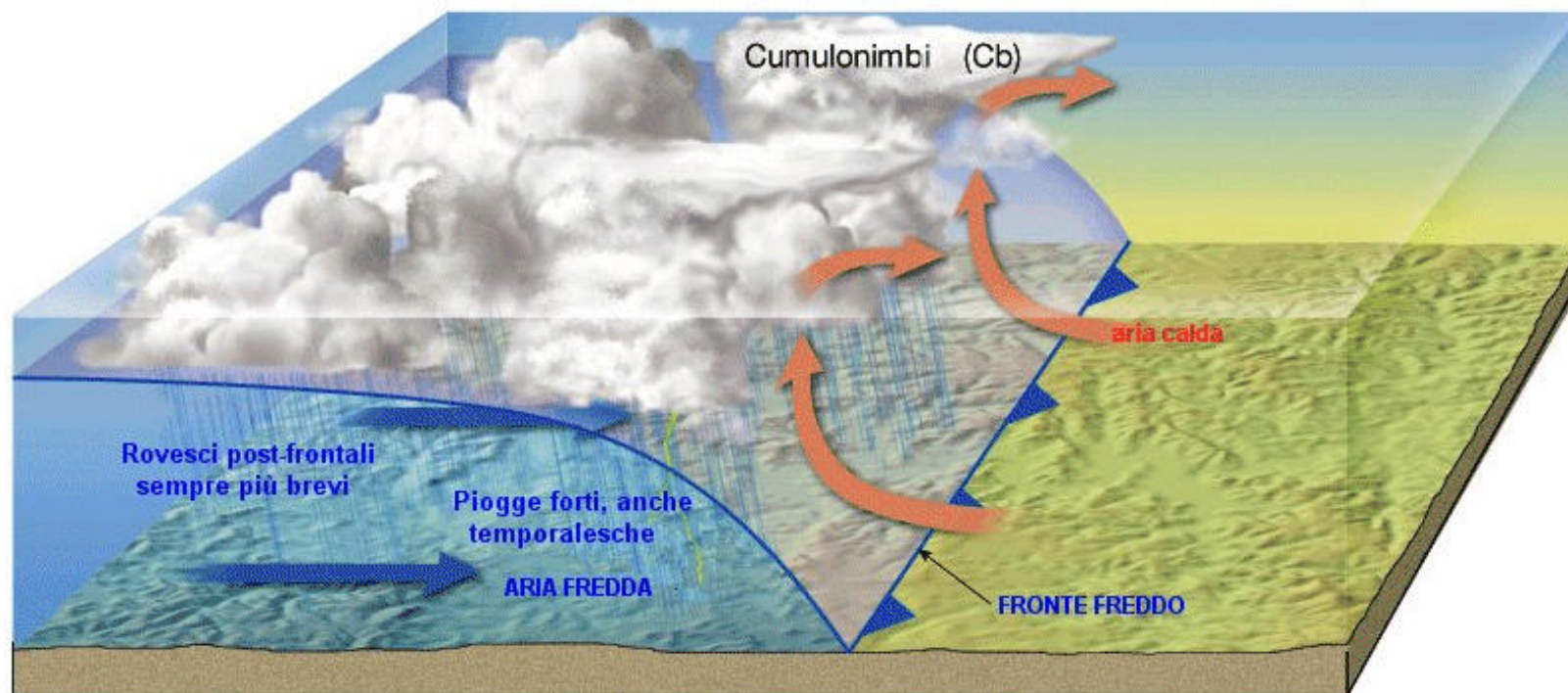


**Schema in  
verticale e  
proiezione in  
pianta del  
fronte caldo**

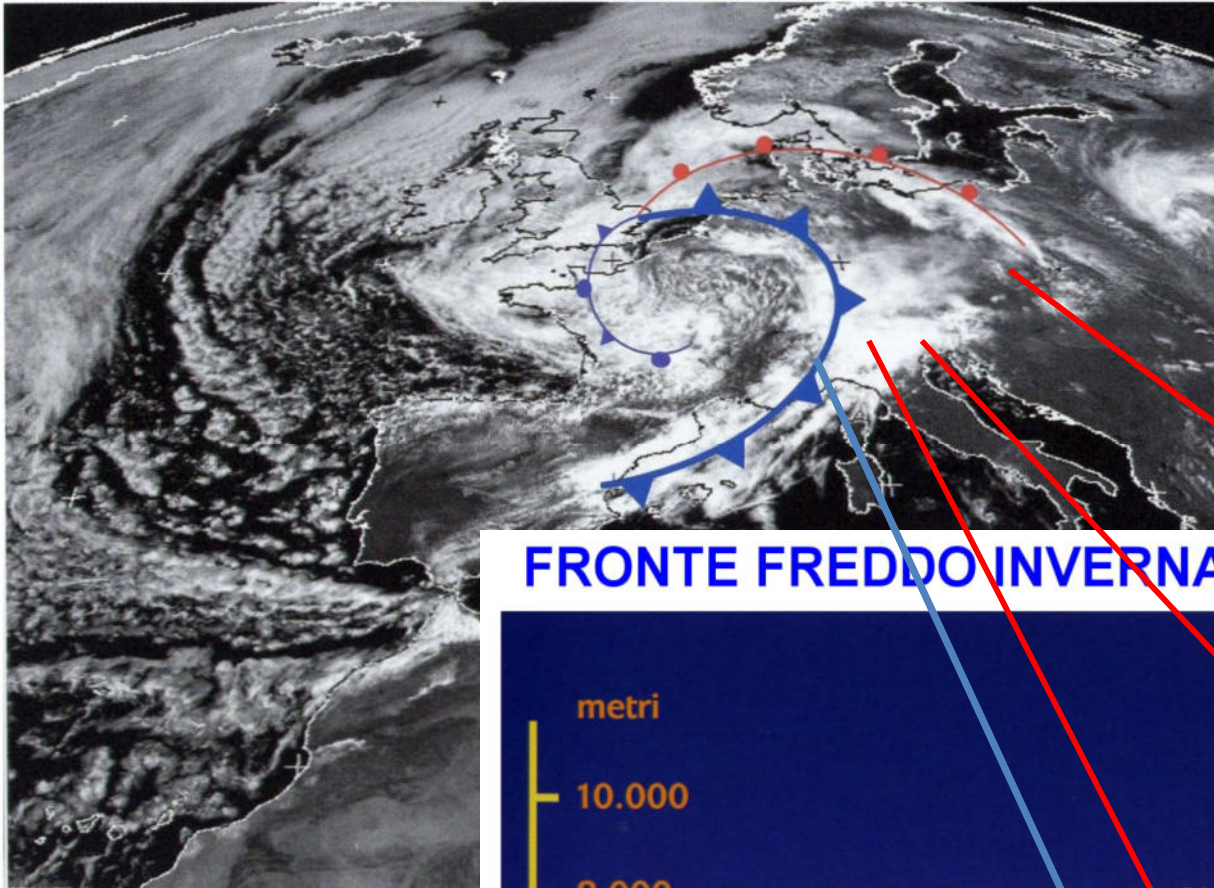


# ILLUSTRAZIONE FRONTALE

## FRONTE FREDDO

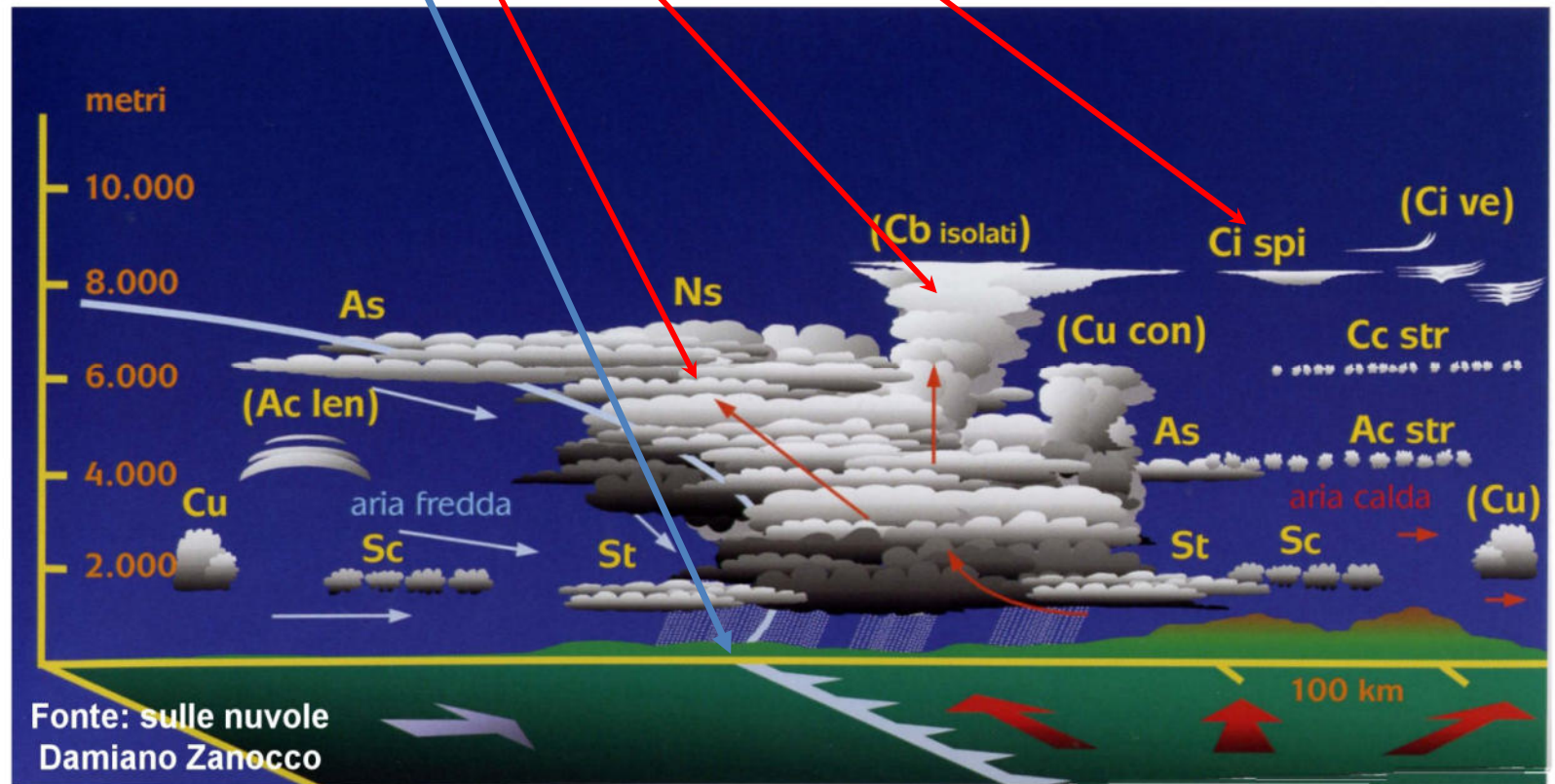


Nel caso di un fronte freddo, la massa d'aria che avanza s'incunea al di sotto di una massa calda ed umida sollevandola. L'aria calda di conseguenza si raffredda ed il vapore acqueo si condensa producendo nubi e precipitazioni. La pendenza del fronte freddo è tale che il processo ascendente è spesso intenso e può dar luogo a piogge o rovesci intensi nonché a temporali anche forti.



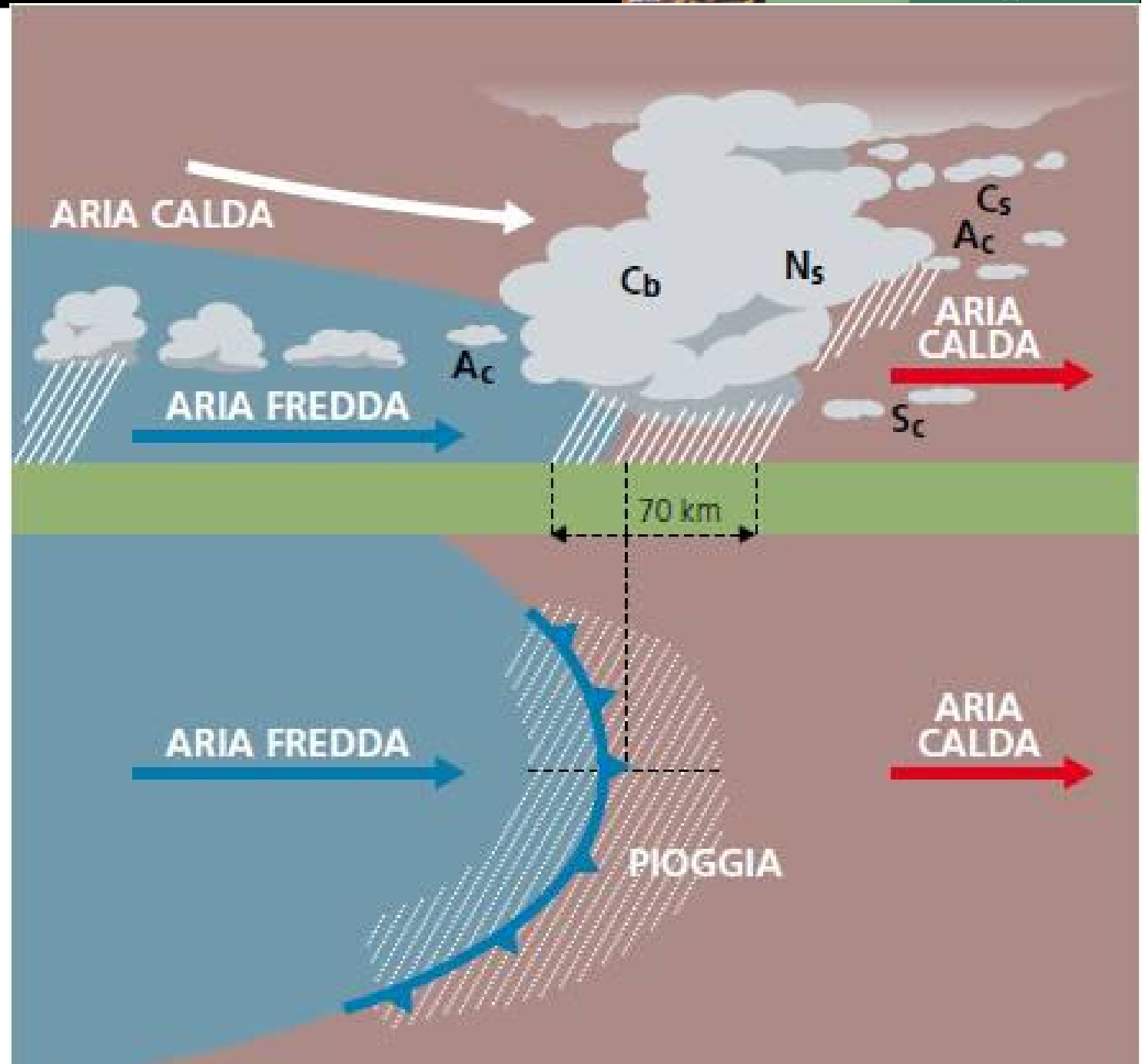
**LA PENDENZA DELLA DISCONTINUITÀ FRONTALE È DI 60 - 80 m/km**

**FRONTE FREDDO INVERNALE**





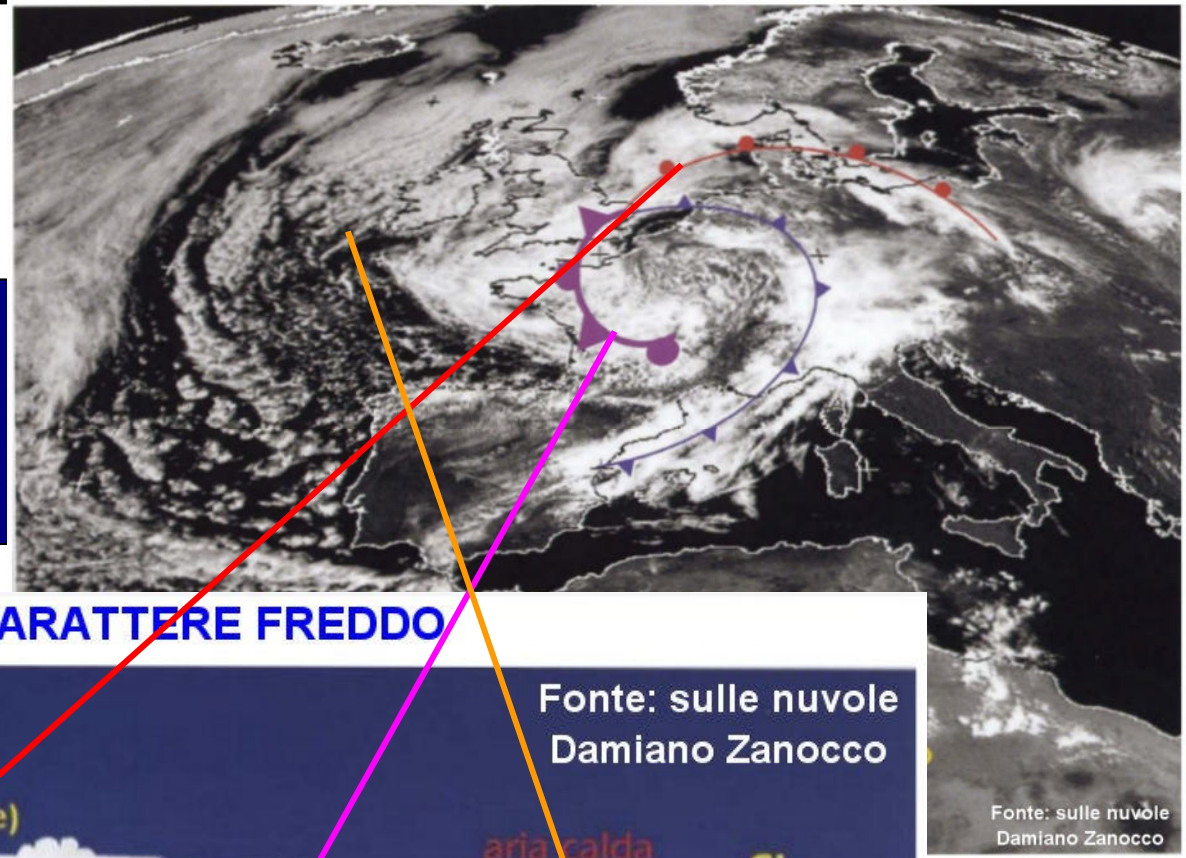
**Schema  
in  
verticale  
e  
proiezion  
e in  
pianta  
del fronte  
freddo**



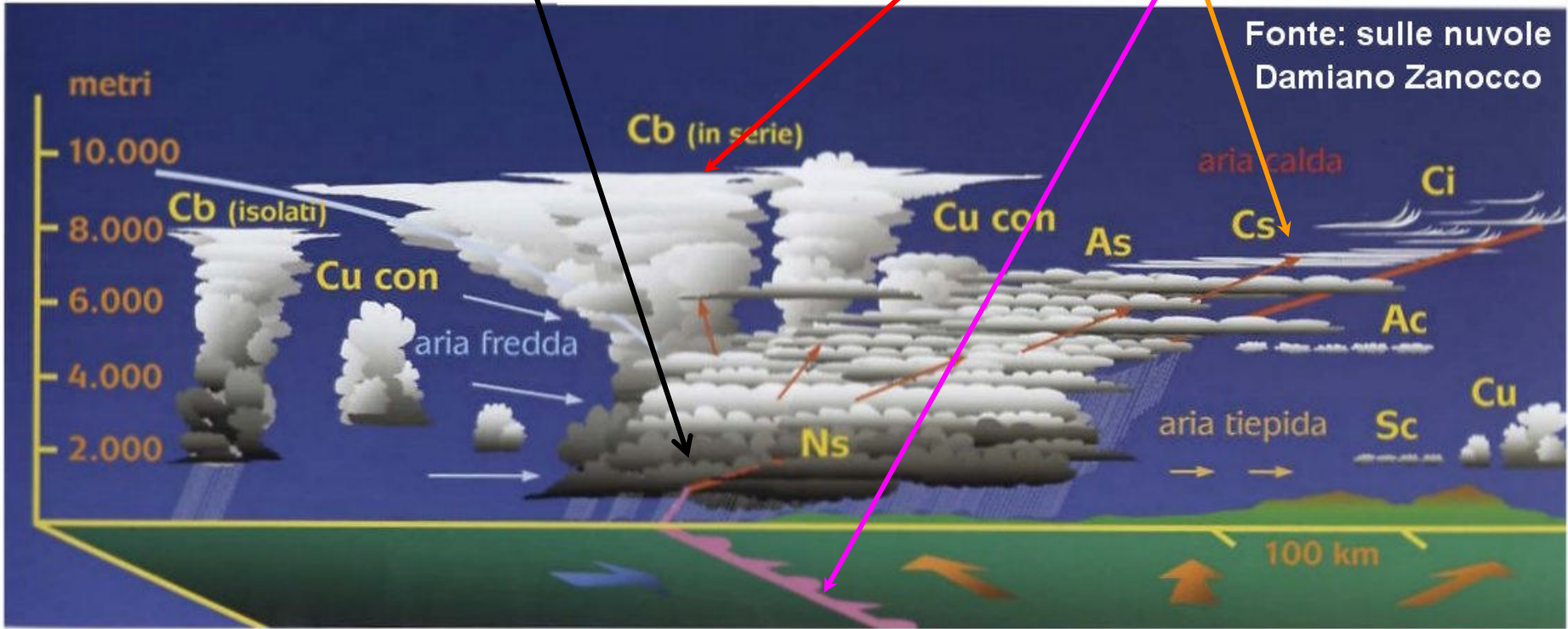


# FRONTE OCCLUSO

**SCOMPARSA DEL SETTORE CALDO AL SUOLO ED ESPULSIONE DELL'ARIA CALDA ED UMIDA VERSO L'ALTO**



## FRONTE OCCLUSO A CARATTERE FREDDO





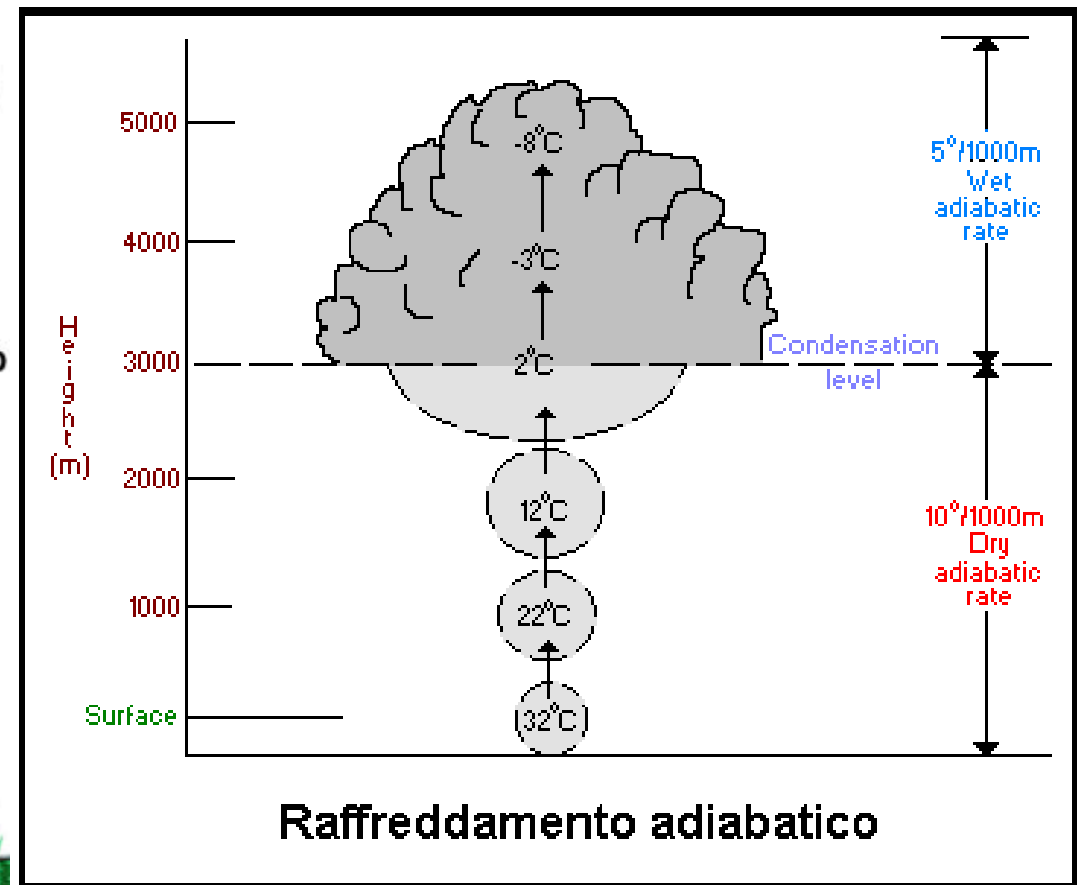
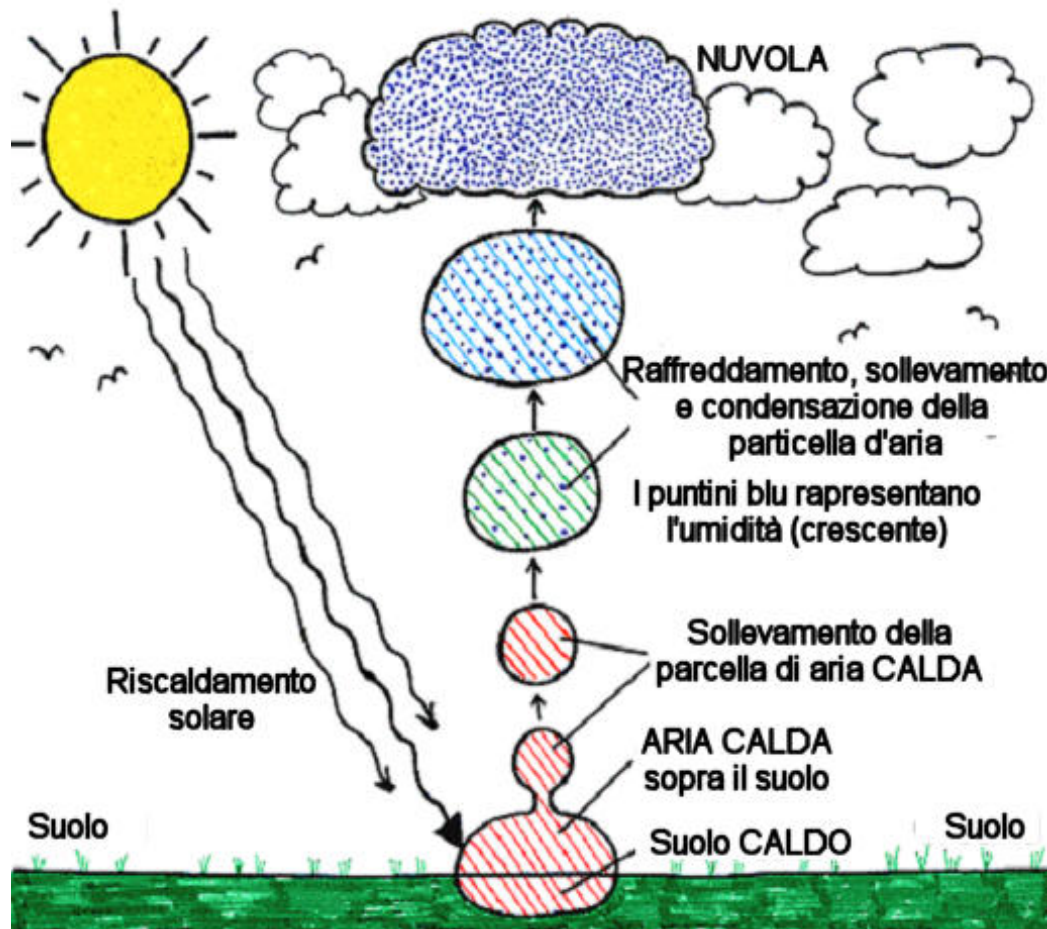
## LE DIVERSE SITUAZIONI RESPONSABILI DEL SOLLEVAMENTO DELL'ARIA

### *LA CONVEZIONE*

- Quando il sole scalda il terreno, lo strato di aria più vicino al suolo si riscalda, l'aria così riscaldata, essendo meno densa dell'aria circostante, viene portata verso l'alto dalla spinta di Archimede. Quindi questa bolla d'aria calda ascendente (detta termica) tende a salire espandendosi a causa della minore pressione esterna e raffreddandosi adiabaticamente (variazione termodinamica legata alla variazione di pressione come la contrazione o in questo caso l'espansione).
- Se una termica raggiunge un'altezza sufficiente perché la temperatura si abbassi fino al **punto di saturazione**, il contenuto di vapor acqueo diventa visibile sotto forma di una nuvola chiamata cumulo.



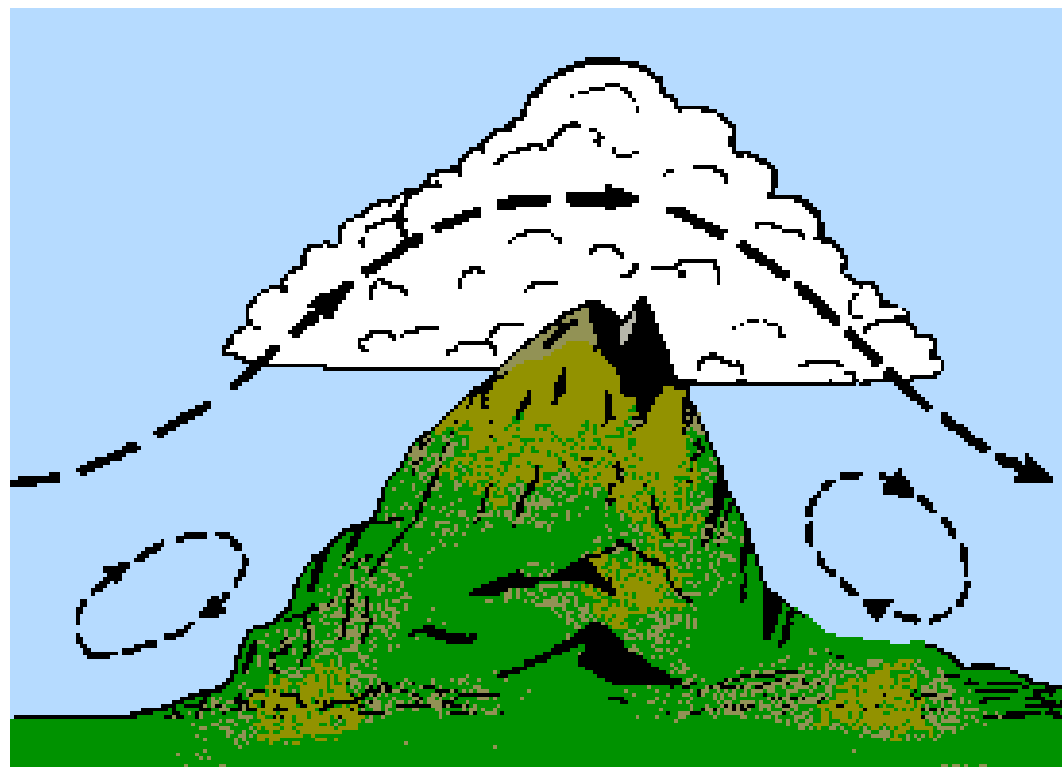
# LA CONVEZIONE





# Le diverse situazioni responsabili del sollevamento dell'aria e dalla condensazione

## IL SOLLEVAMENTO OROGRAFICO

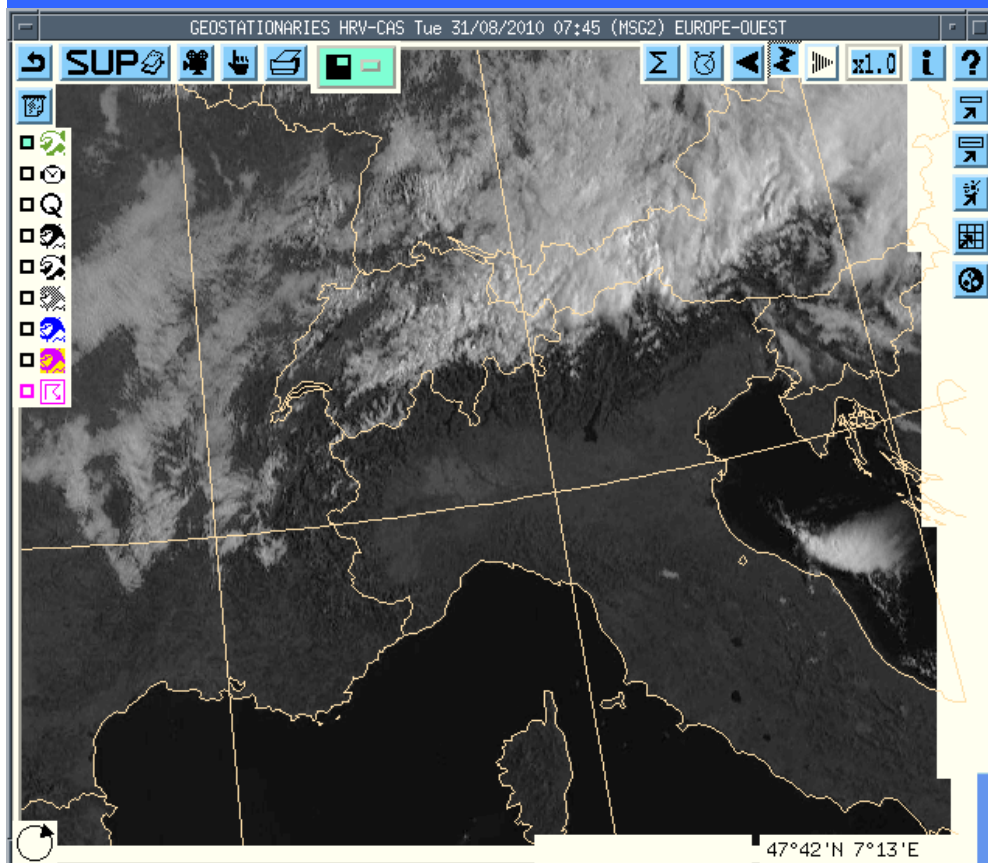


In quota le correnti di aria umide viaggiano liberamente; tuttavia sul loro percorso possono presentarsi rilievi che costringono l'aria a salire per poter valicare l'ostacolo. In caso di sollevamento forzato l'aria umida si raffredda fino a condensare e se l'ascesa forzata prosegue si possono verificarsi precipitazioni dette di **STAU**.



## LO STAU

Quando una massa d'aria umida si solleva in modo forzato sul versante sopravvento di una catena montuosa si ha un effetto chiamato STAU (dal tedesco sbarramento). Il cielo è coperto e vi sono precipitazioni diffuse, anche nevose in montagna durante l'inverno.



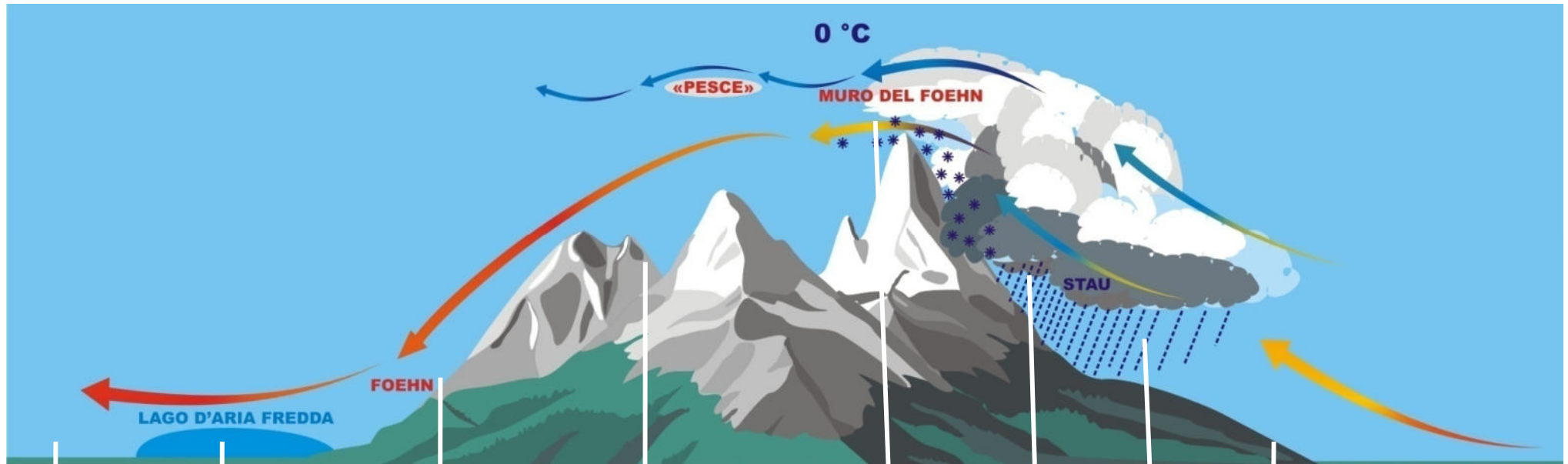
# STAU E FOEHN

## IL FOEHN (Föhn)

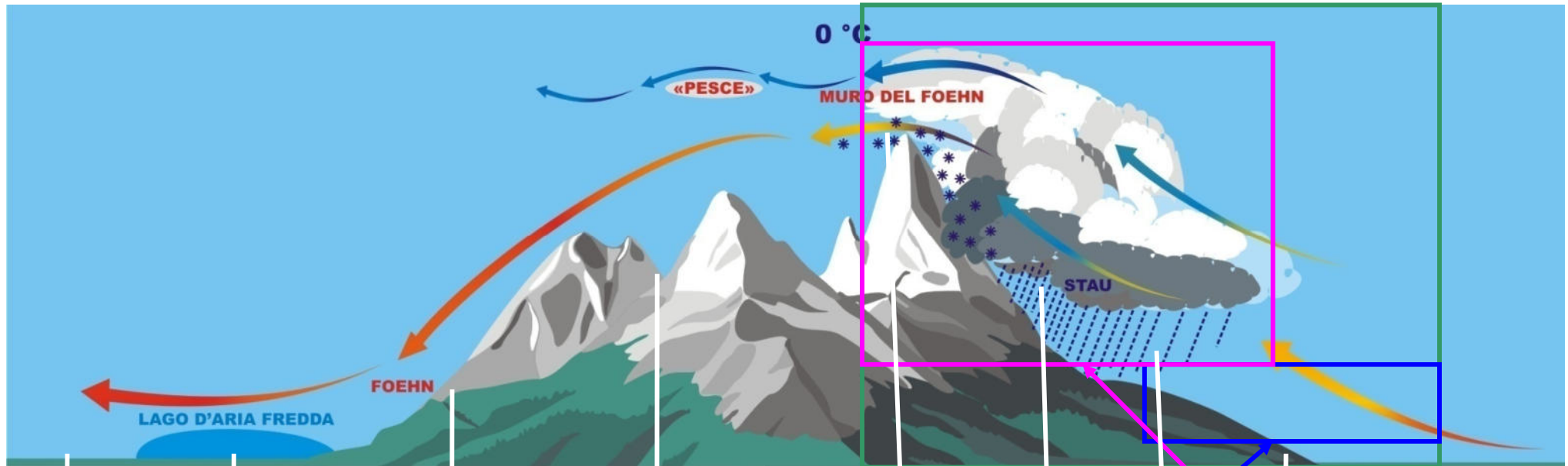
La stessa massa dopo aver valicato la montagna riscende sul versante sottovento ma senza il suo carico di umidità, in gran parte precipitato sotto forma di pioggia o neve sul versante dello STAU. Il cielo è pressoché sgombro da nuvole salvo nubi lenticolari, l'aria è secca e, nelle valli, spira un vento spesso tiepido chiamato Foehn.



# STAU



0 m	0 m	1000 m	2000 m	3000 m	2000 m	1000 m	400 m
25 °C	17 °C	15 °C	5 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	11 °C
20%	60%	30%	50%	100%	100%	100%	75%

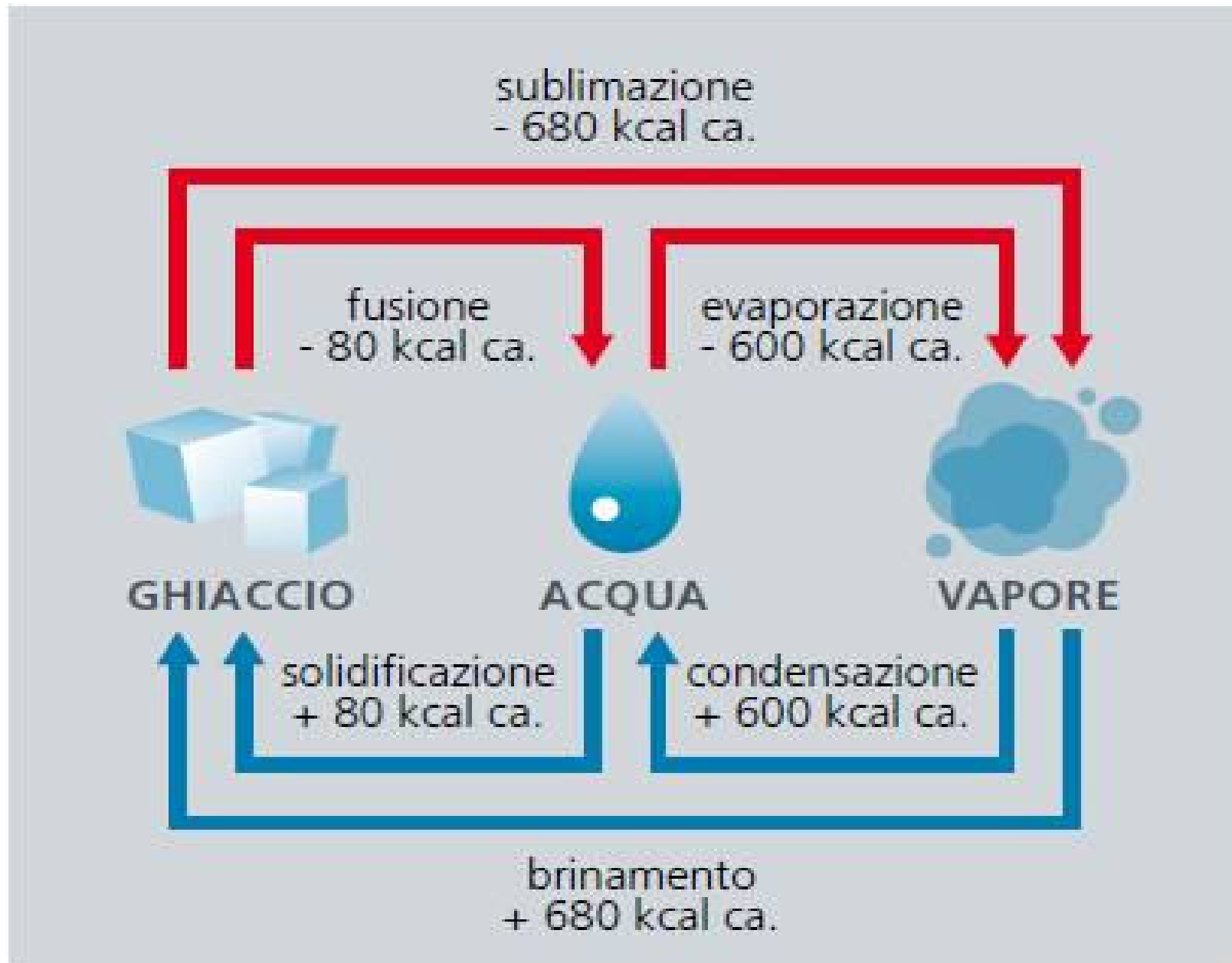


0 m	0 m	1000 m	2000 m	3000 m	2000 m	1000 m	400 m
25 °C	17 °C	15 °C	5 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	11 °C
20%	60%	30%	50%	100%	100%	100%	75%

Durante il sollevamento la massa d'aria subisce un raffreddamento di  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  fino al raggiungimento delle condizioni di saturazione (adiabatica secca); raggiunta la condensazione (100% UR), nel proseguire del sollevamento la massa d'aria si raffredda di  $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  (adiabatica satura): il processo di condensazione avviene con liberazione di calore (calore latente).

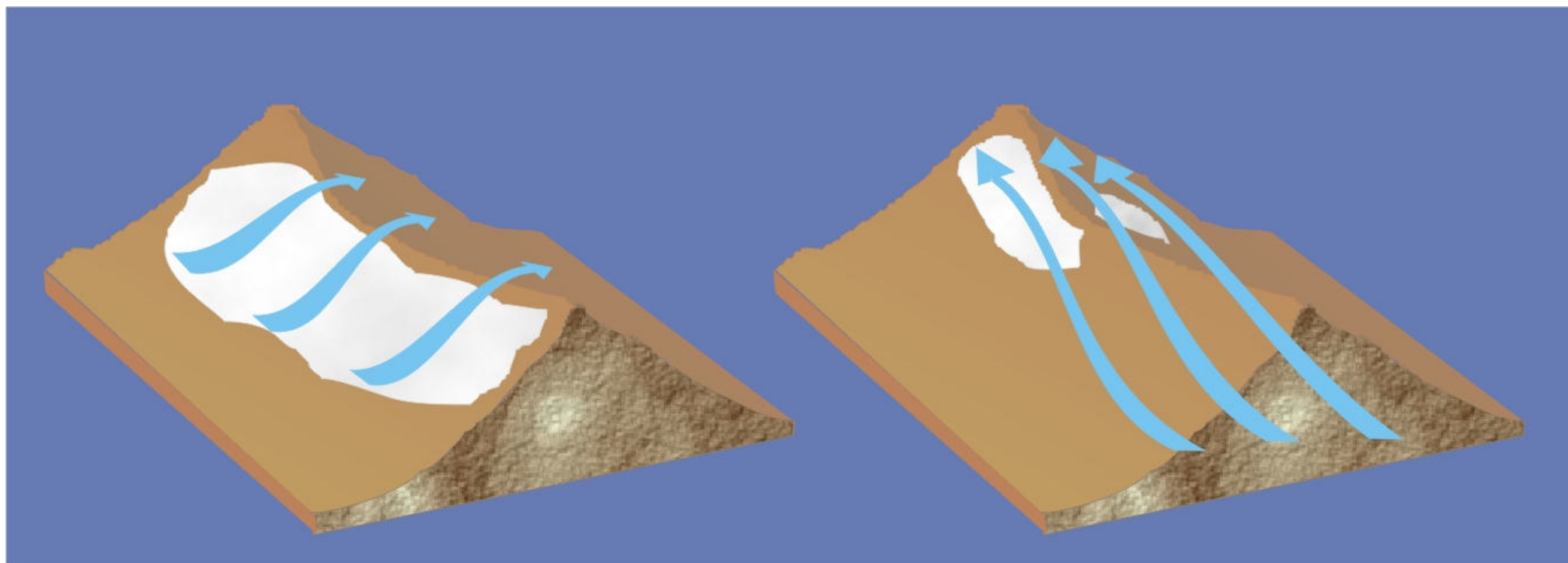


## Passaggi di stato della molecola acqua





## Innalzamento orografico e precipitazioni



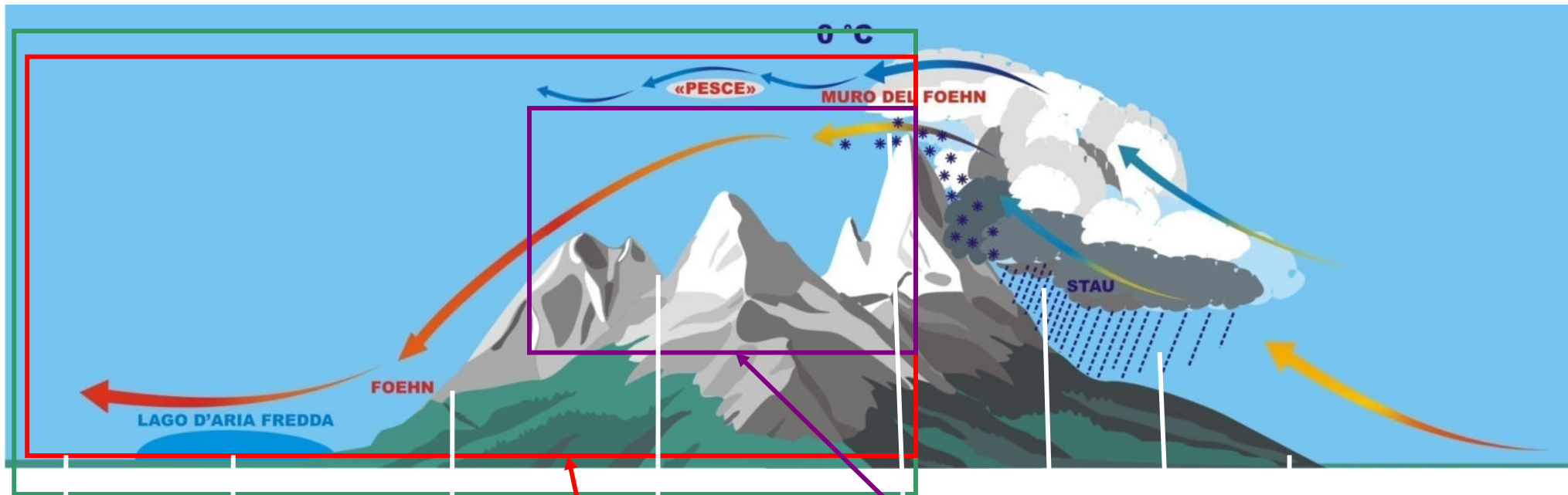
**Precipitazione massima**

**Precipitazione minima**

**La componente verticale della velocità del vento è un fattore fondamentale per il verificarsi di precipitazioni nevose. Maggiore è la pendenza del fianco della montagna battuta dal vento e la perpendicolarità con la quale il vento la colpisce, maggiori saranno le probabilità di precipitazioni.**



# Föhn



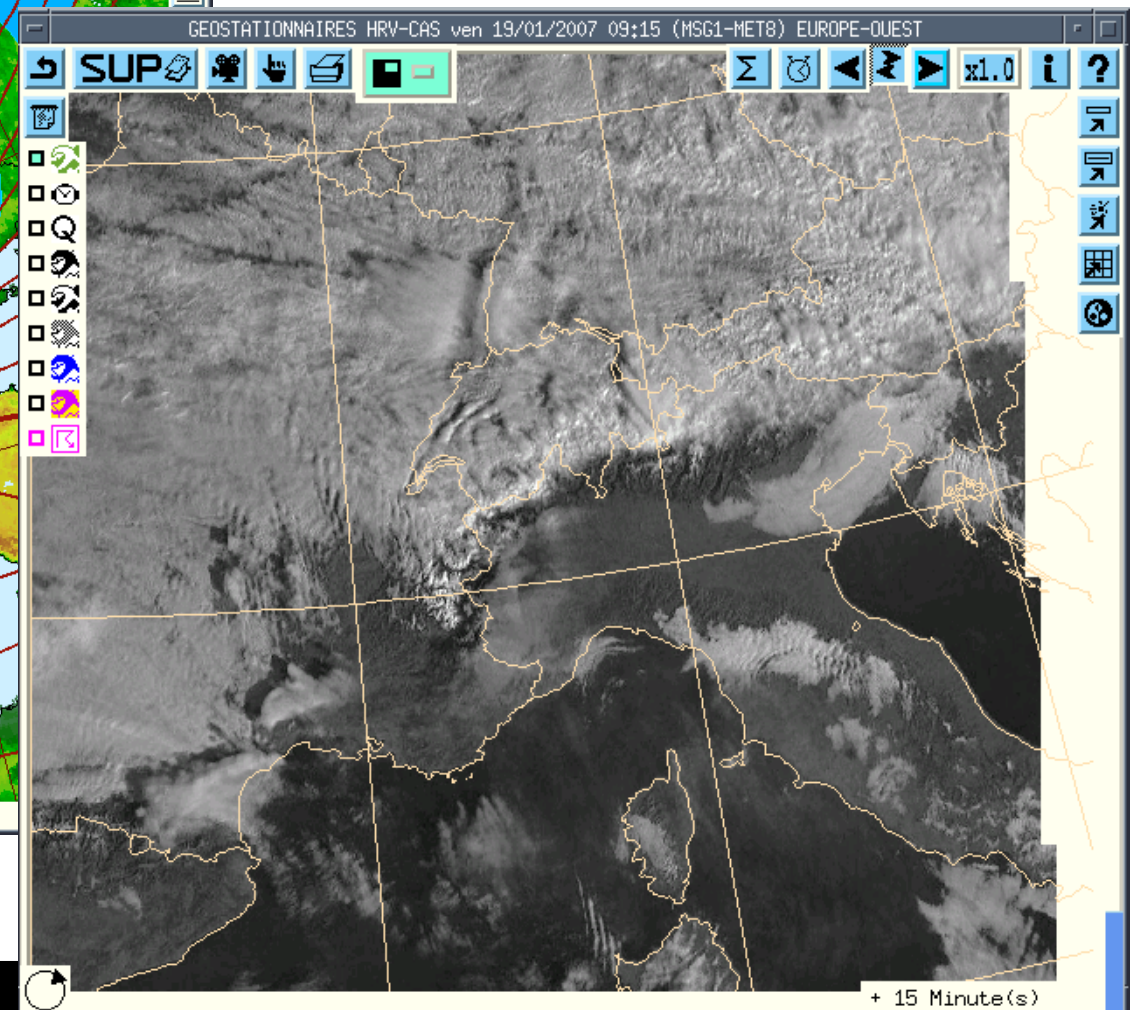
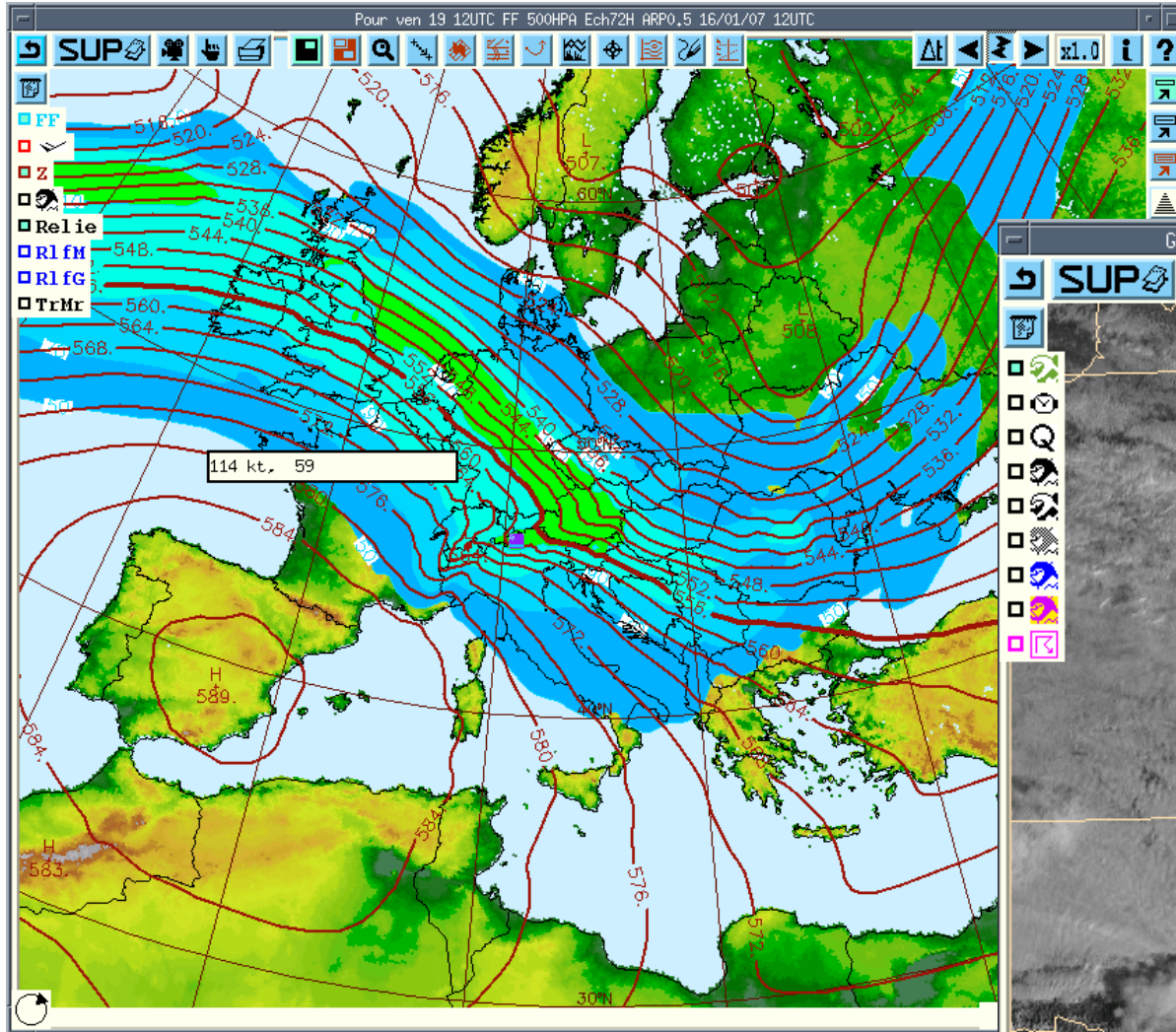
0 m	0 m	1000 m	2000 m	3000 m	2000 m	1000 m	400 m
25 °C	17 °C	15 °C	5 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	11 °C
20%	60%	30%	50%	100%	100%	100%	75%

Durante percorso di caduta (ipotizzando per semplicità che ciò avvenga su tutto il versante sottovento), la massa d'aria subisce un processo di riscaldamento principalmente per compressione e attrito; poiché, non appena terminate le precipitazioni la massa d'aria non è più satura, essa riacquisterà calore in discesa riscaldandosi nella misura di  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . Dallo spartiacque fino alla quota di condensazione la massa d'aria si riscalda quindi del doppio di quanto si è raffreddata sul versante sopravvento.



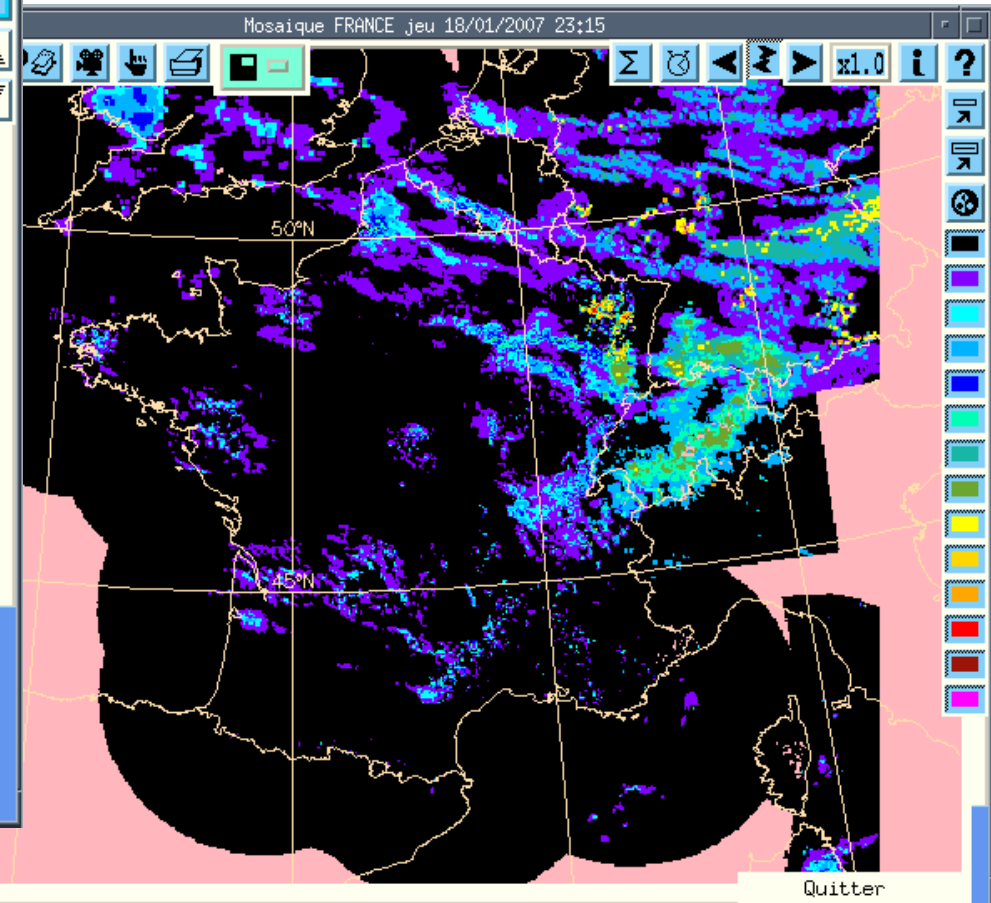
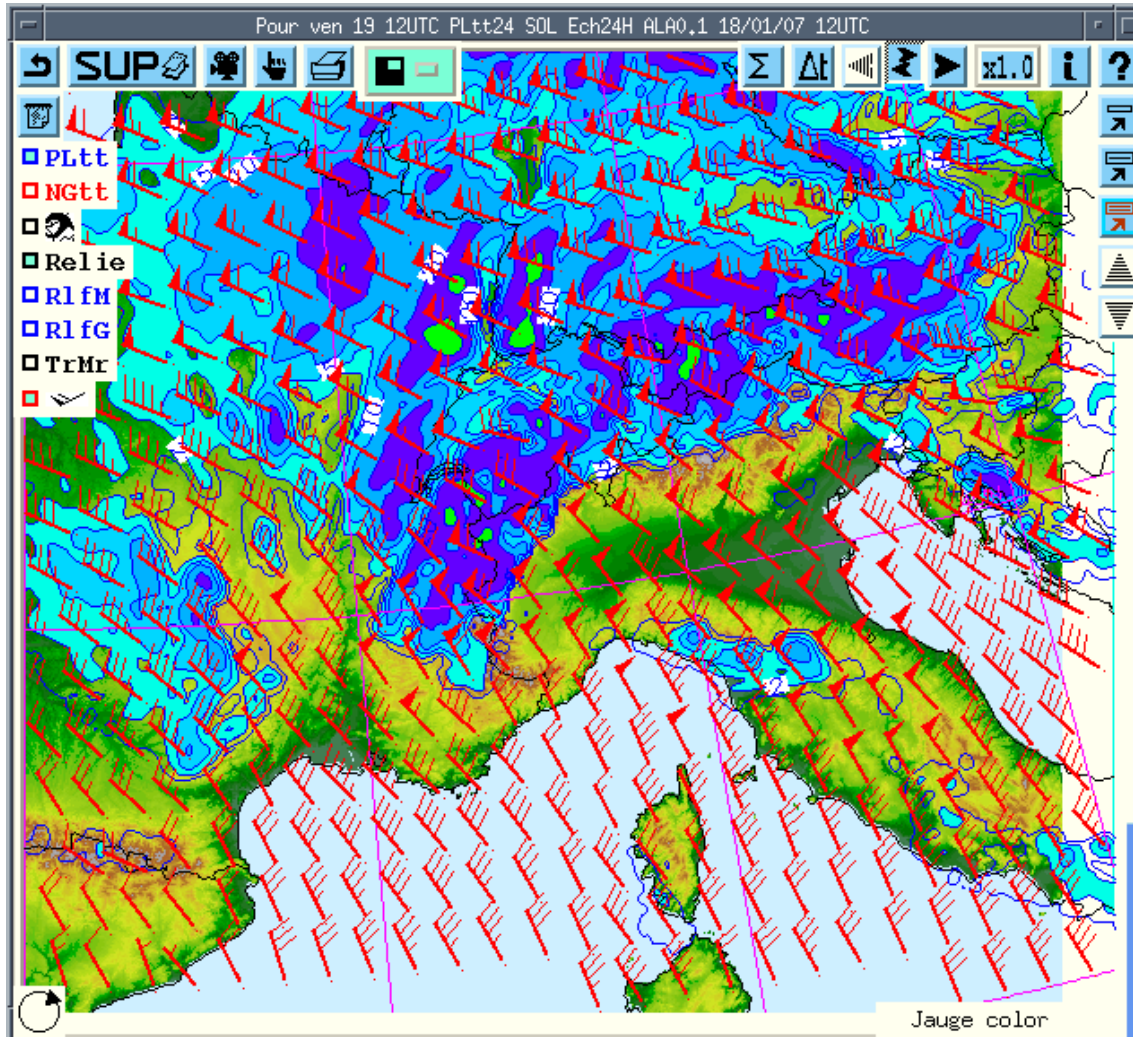
## CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL FOEHN

FORTI CORRENTI DA NORD-OVEST IN  
QUOTA TRANSITANO SULLE ALPI CON  
NUBI CHE SI ADDOSSANO SUL  
VERSANTE SOPRA VENTO

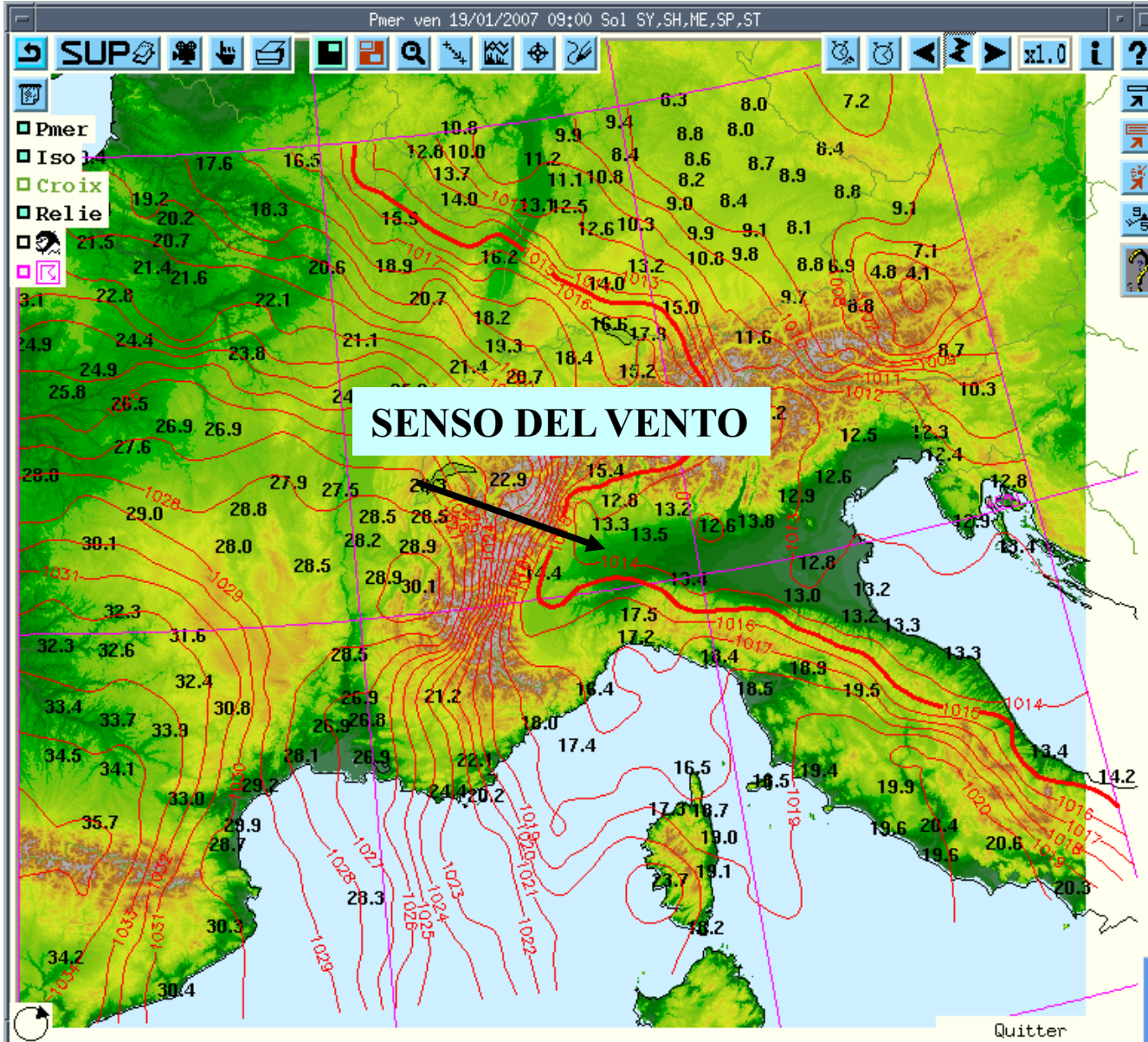




- **FORTI CORRENTI DA NORD-OVEST IN QUOTA TRANSITANO SULLE ALPI CON PRECIPITAZIONI SUL VERSANTE SOPRA VENTO ED ASSENZA DELLE STESSE SUL VERSANTE SUD**



- FORTI GRADIENTE DI PRESSIONE FRA IL VERSANTE SOPRAVENTO (ALTA PRESSIONE) ED IL VERSANTE SOTTOVENTO (BASSA PRESSIONE)

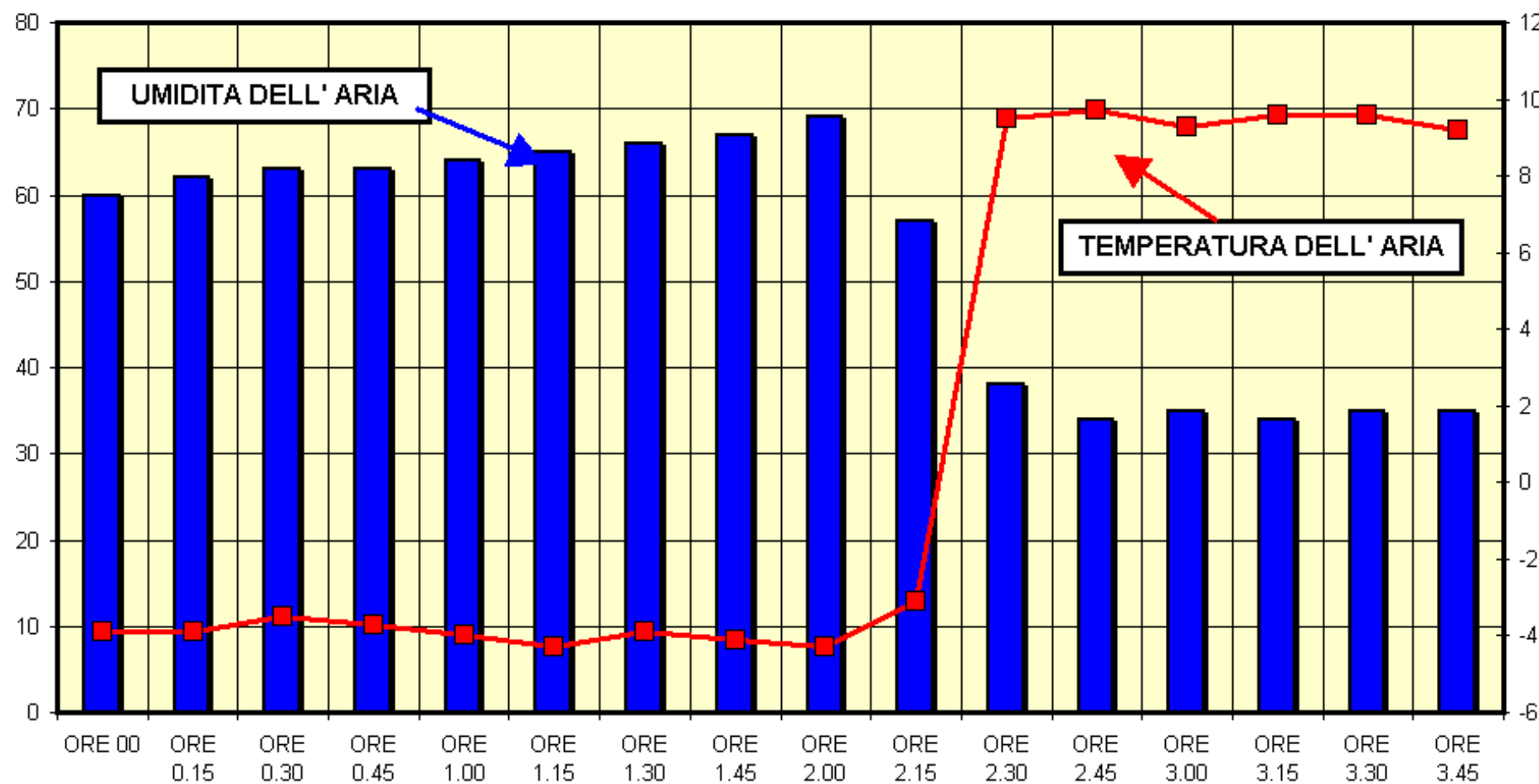


Più il gradiente di pressione è forte e più il vento spira Intensamente

Nel caso STAU/FOEHN il principio generale Alta Pressione = bel tempo e Bassa Pressione = brutto tempo non vale.



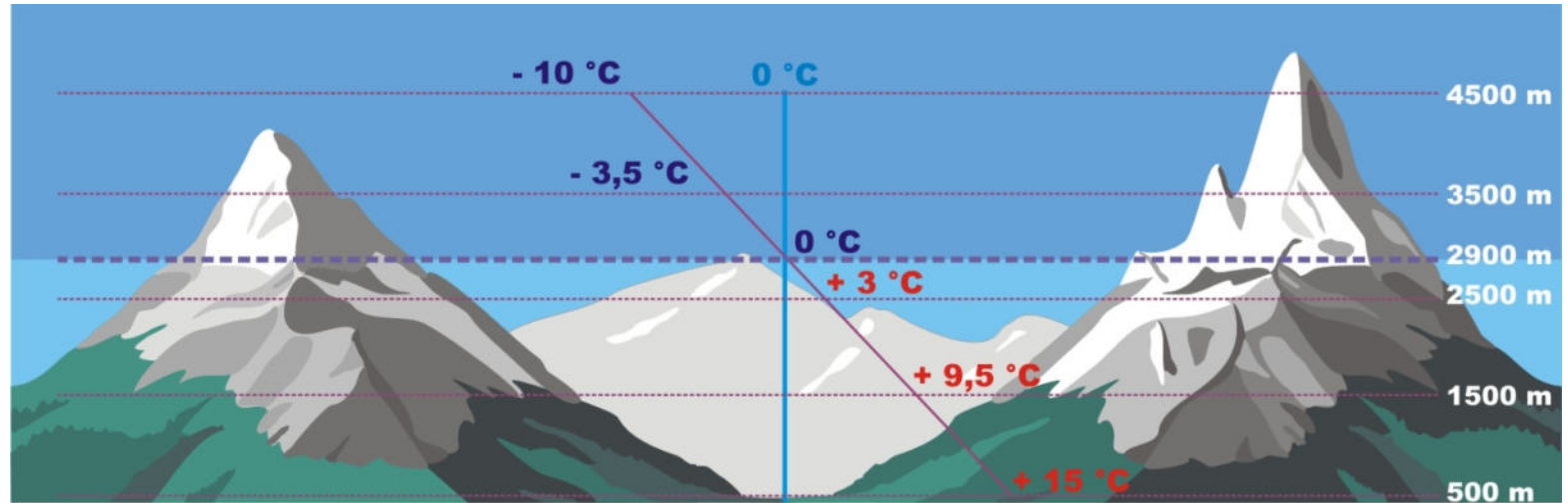
**ANDAMENTO TERMICO ED IGROMETRICO IN SEGUITO ALL'INGRESSO DEL FOEHN  
(FALCALDE IL 21 GENNAIO 2005 FRA LE ORE 00 E LE 3.45)**





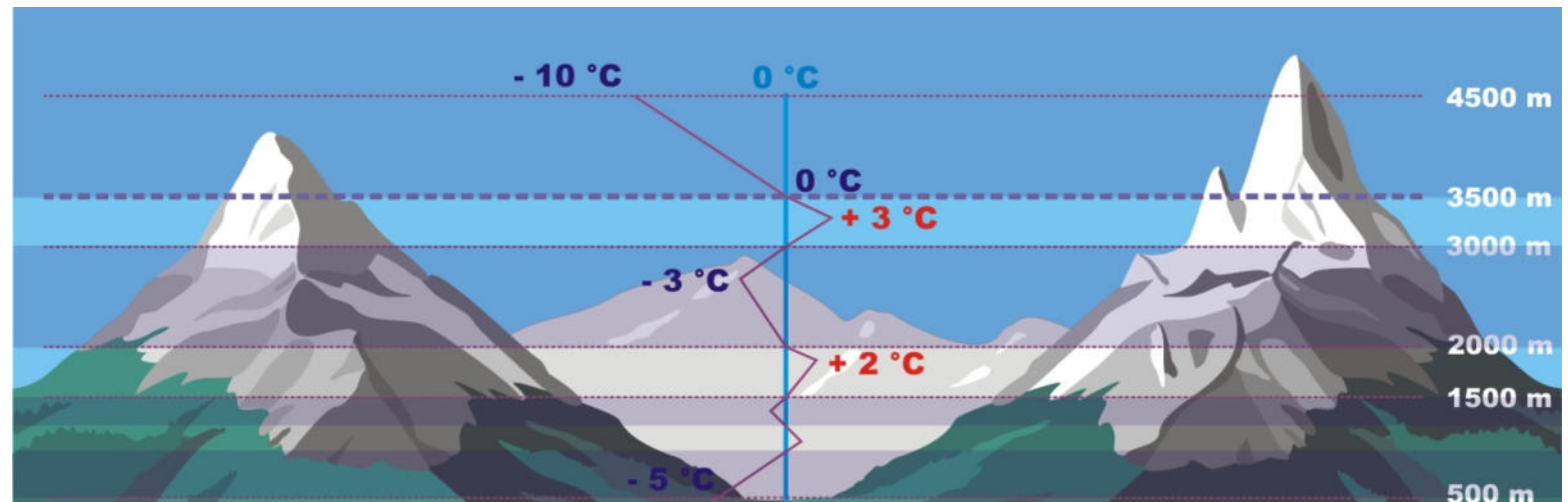
## Nozione dello ZERO TERMICO e della sua quota

Lo zero termico  
corrisponde alla quota  
oltre la quale la  
temperatura dell'aria è  
sempre inferiore a 0°C.



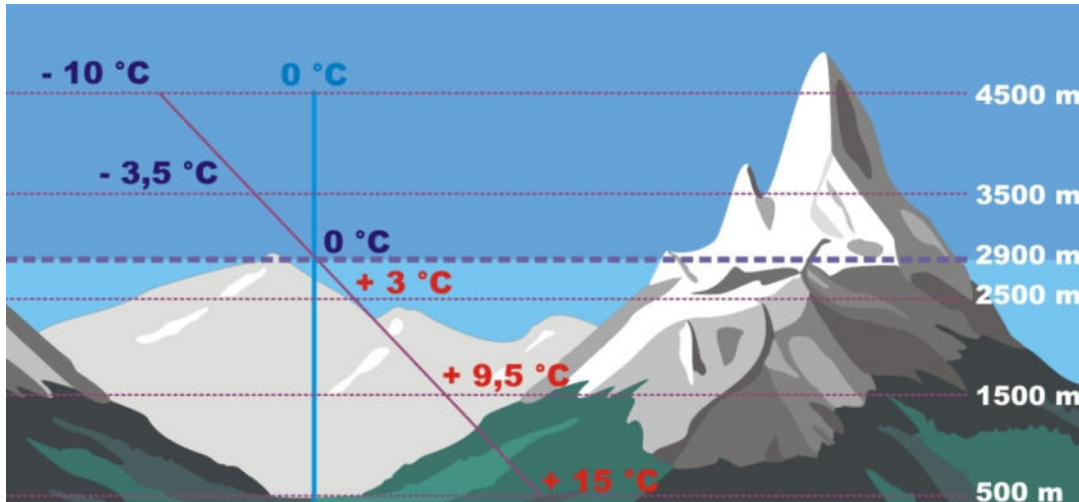
Non potendo considerare  
la moltitudine di quote in  
cui si avrà 0°C

(esposizione, natura del  
terreno, orografia locale)  
si fornisce un dato unico  
corrispondente alla quota  
dello zero termico nella  
libera atmosfera (valore  
estrapolato dai  
radiosondaggi).



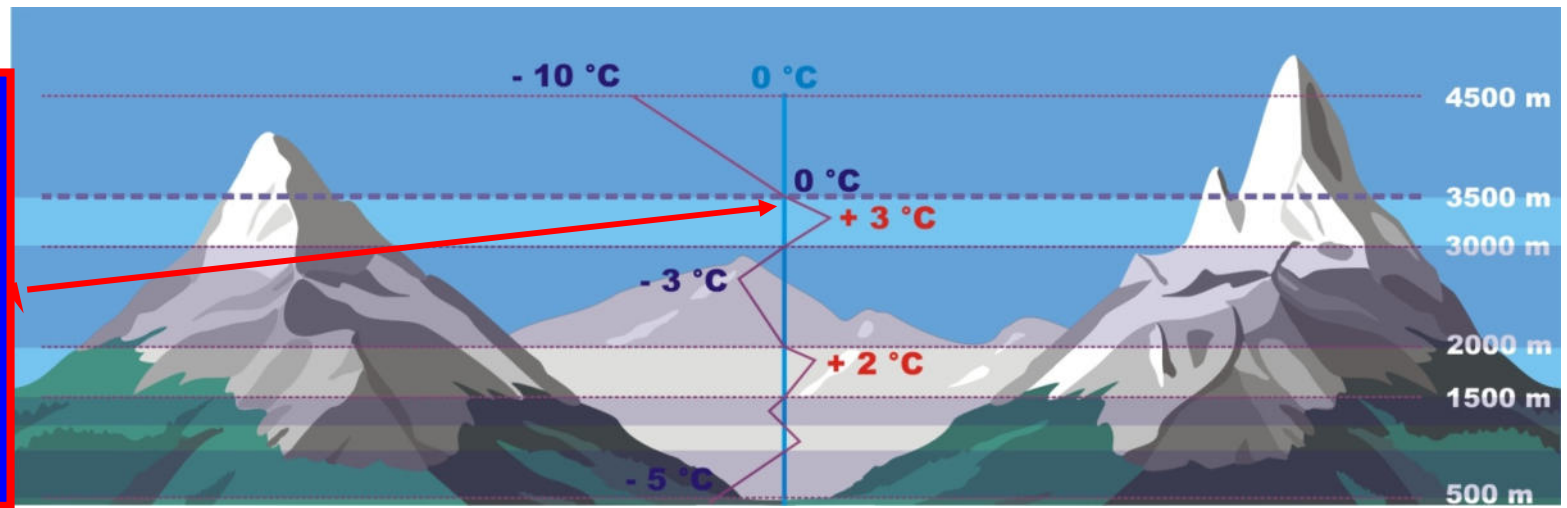


**PER ZERO TERMICO S'INTENDE LA QUOTA ALLA QUALE LA TEMPERATURA DELL'ARIA NELLA LIBERA ATMOSFERA È INFERIORE A 0°C**



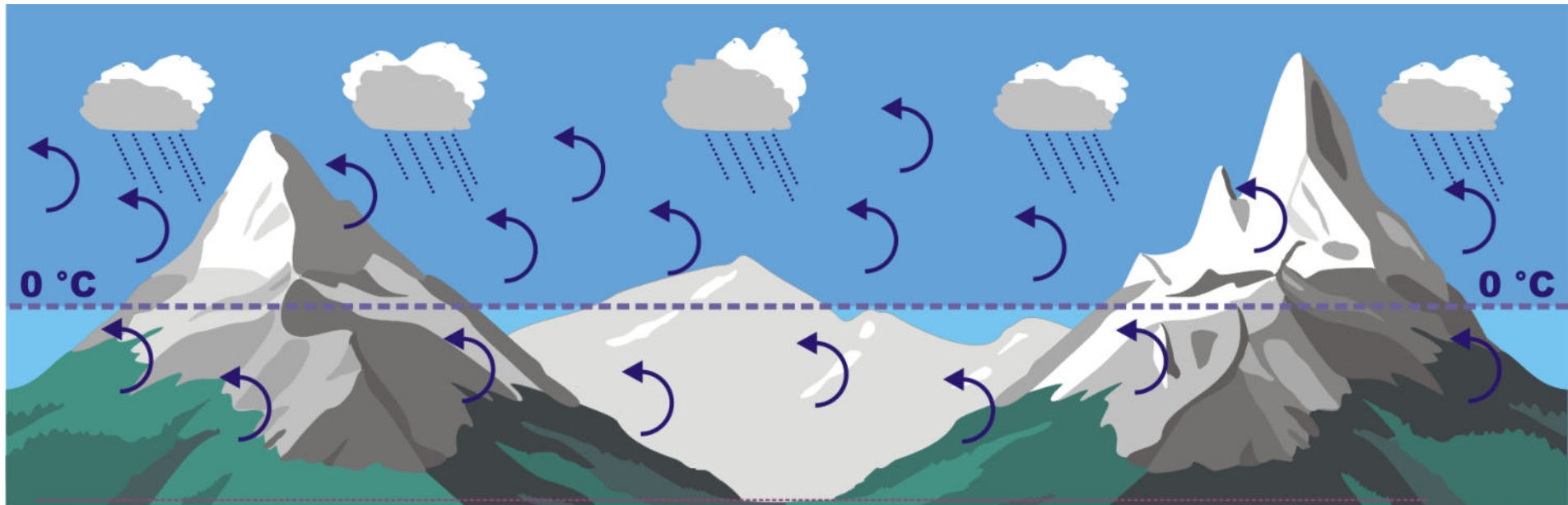
**QUALI SONO O QUALE È LA QUOTA DELLO ZERO TERMICO?**

**LO ZERO TERMICO E' LA QUOTA OLTRE LA QUALE LA TEMPERATURA RIMANE COSTANTEMENTE NEGATIVA, SENZA CONSIDERARE I LIVELLI DI INVERSIONE**





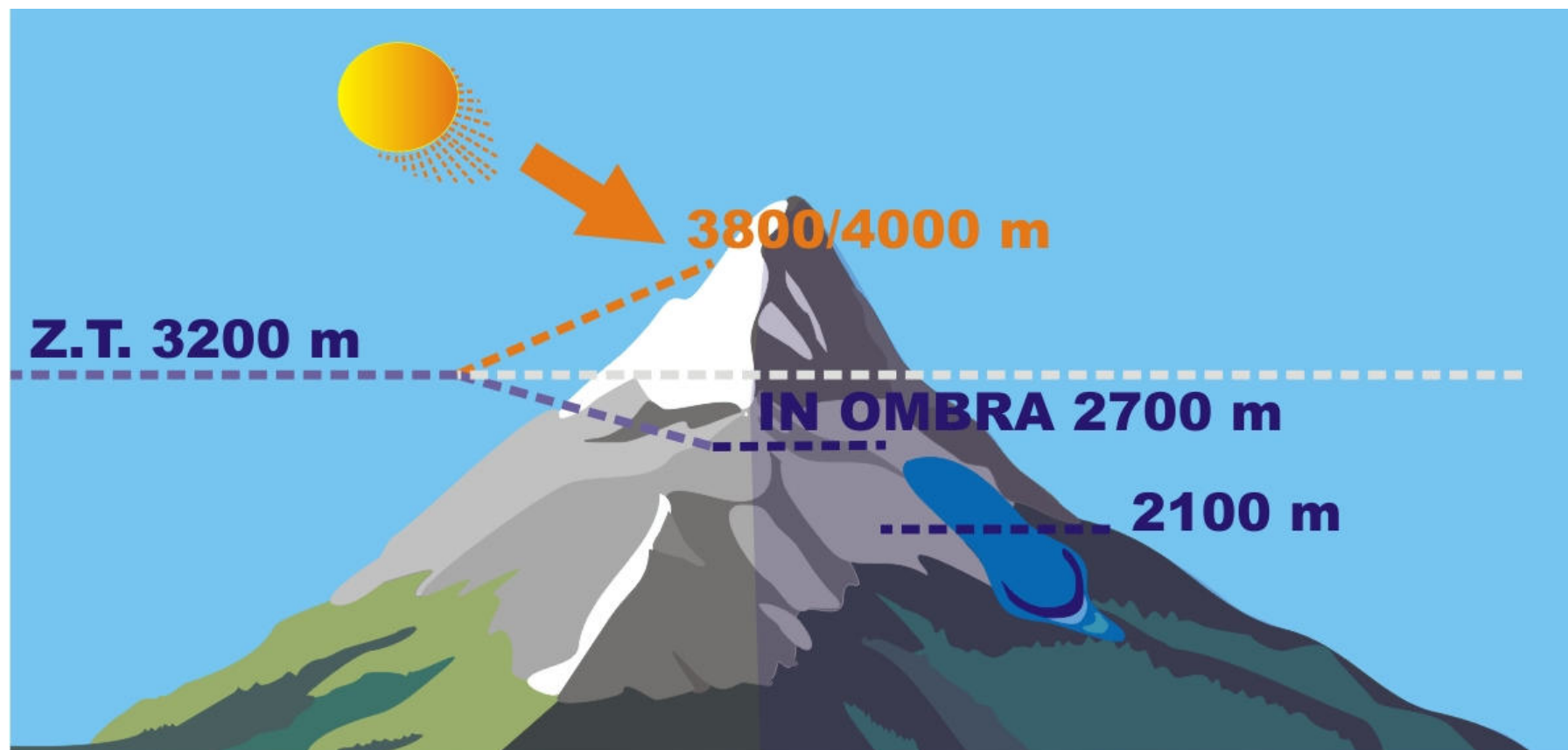
## Quota dello zero termico previsto e realtà locale



**In caso di rimescolamento aerologico e di alto tasso di umidità, la quota dello zero termico tende ad essere assai lineare su tutti i versanti e su tutti i tipi di terreno**



## Quota dello zero termico previsto e realtà locale



In caso di bel tempo e di aria secca, senza forte ventilazione, vi sono forti divari fra la quota dello zero termico osservata nella libera atmosfera e lo zero termico osservato al suolo in funzione dei versanti considerati e della natura del terreno

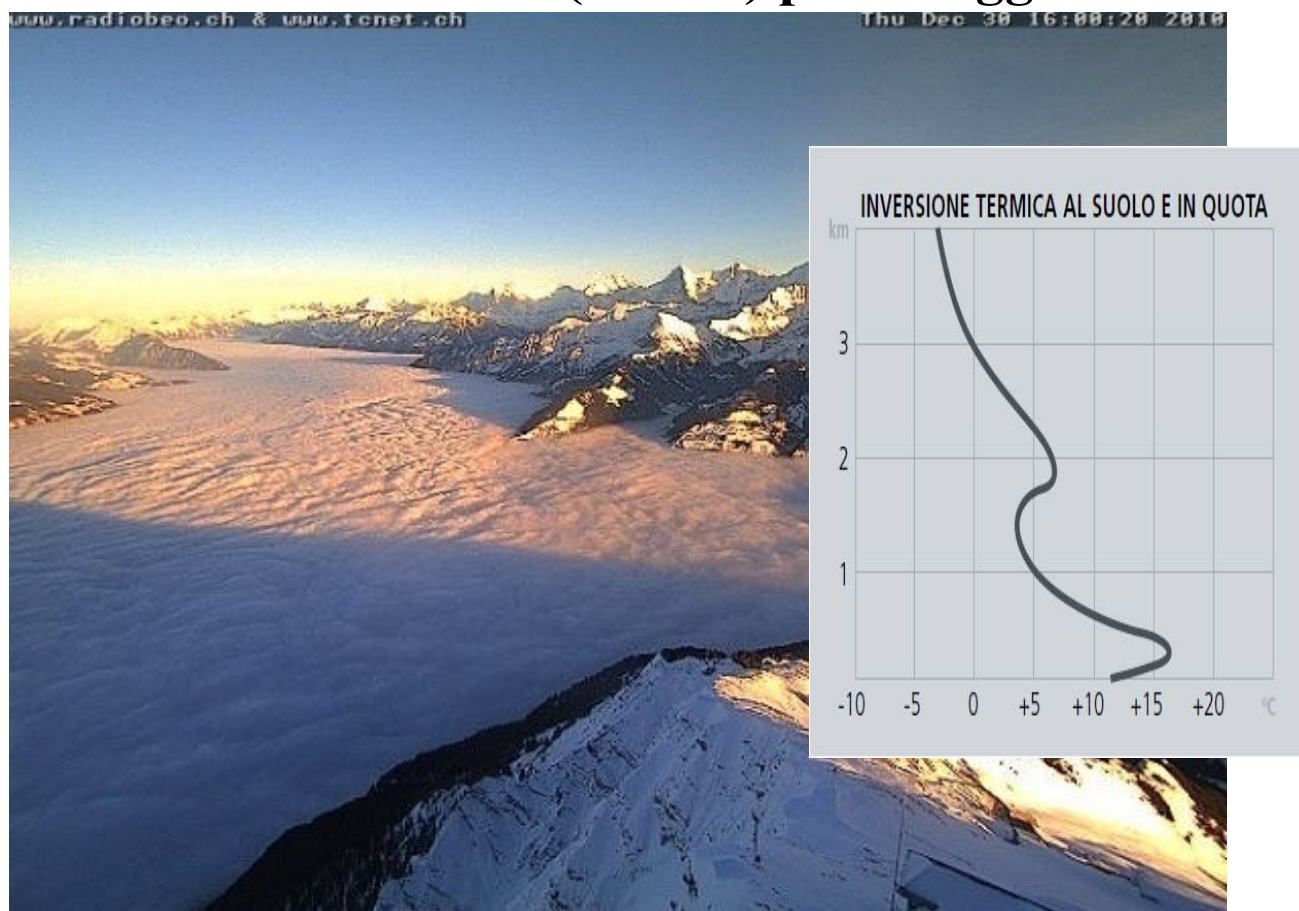
## L'inversione termica

**Fenomeno legato a situazioni atmosferiche stabili (anticicloniche), viene spesso amplificato dalle caratteristiche topografiche locali.**

**Lo strato d'aria vicino al suolo si raffredda di notte (serena) per irraggiamento.**

**Quando la stabilità atmosferica con scarsa ventilazione perdura per almeno qualche giorno lo strato d'aria fredda s'ispessisce e l'intensità dell'inversione tende ad accentuarsi.**

**Spesso al di sotto si forma la nebbia.**





**SCORRIMENTO DI ARIA FREDDA (DENSA) VERSO I FONDOVALLE**

**ACCUMULO DI ARIA FREDDA NELLE ZONE PIÙ BASSE MENTRE ARIA PIÙ MITE SCORRE SOPRA**





# Limite delle neviccate

Quota al di sopra della quale più del 90% della precipitazione cade sotto forma di neve (Kappenberger/Kerkmann)

Tale quota non corrisponde necessariamente al limite di accumulo di neve al suolo

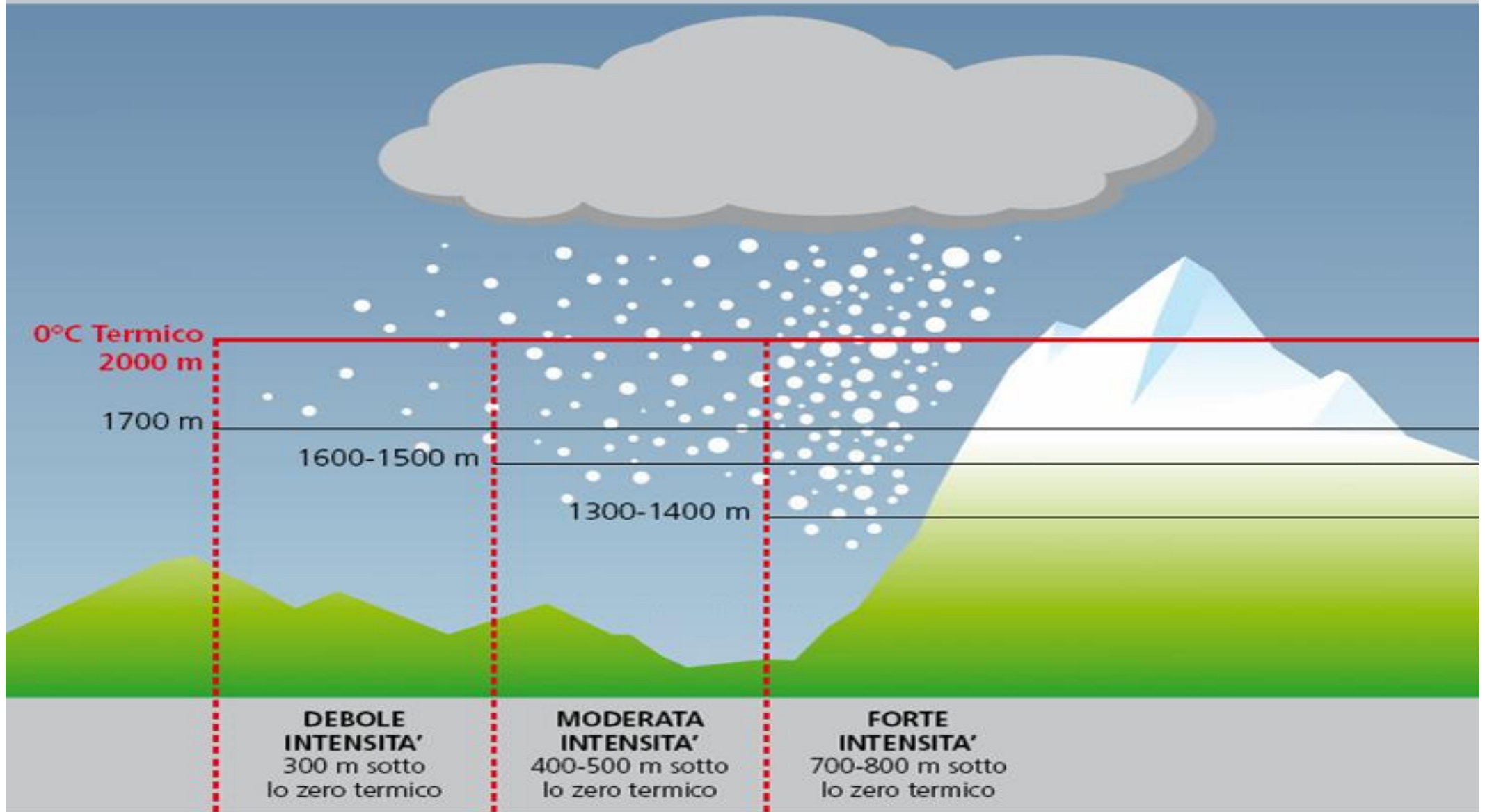
**Il limite delle neviccate dipende da numerosi fattori:**

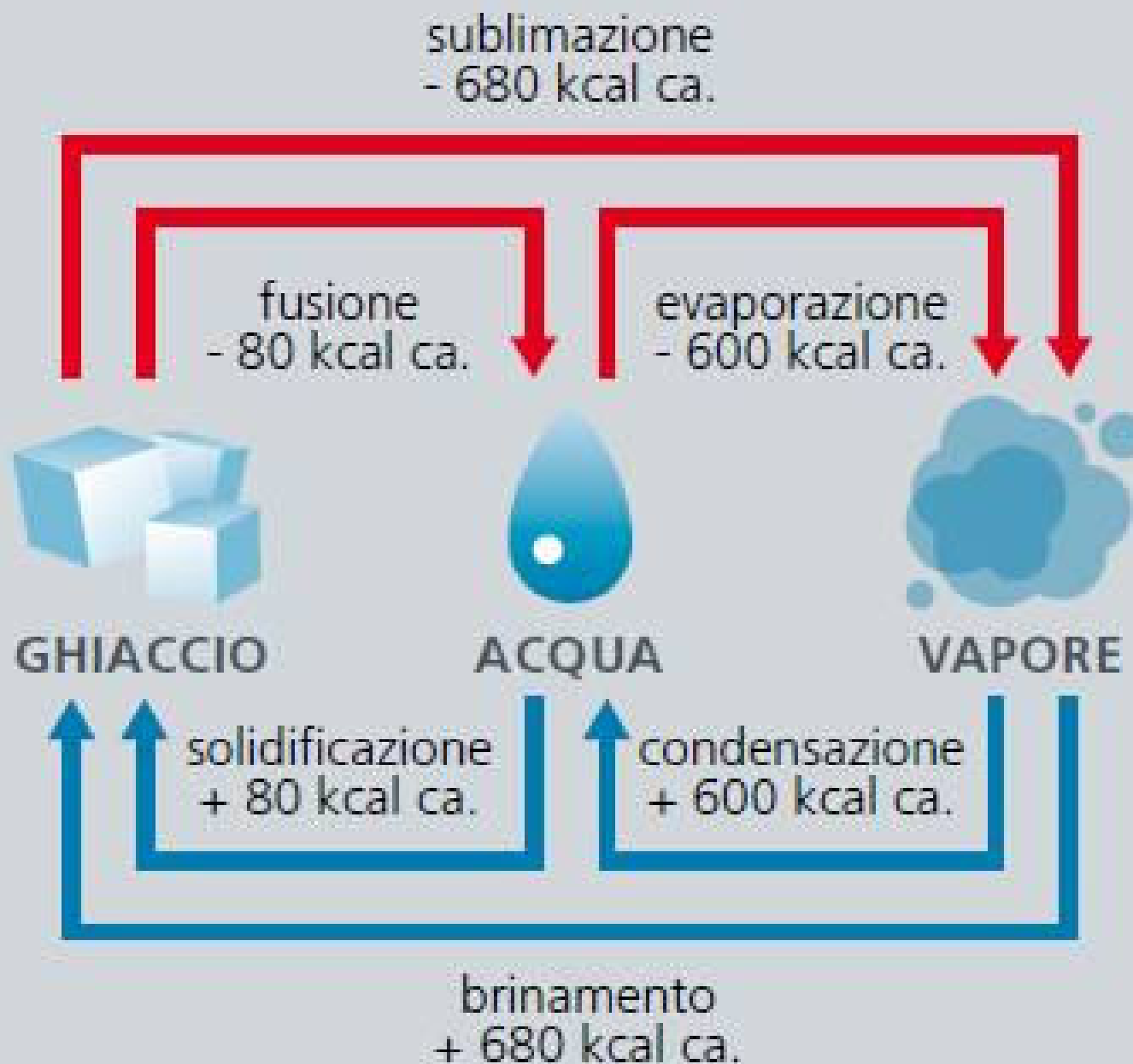
- la quota dello zero termico;
- l'intensità e la durata della precipitazione nevosa;
- la presenza di uno strato d'inversione termica o di isotermita;
- le configurazioni topografiche locali;
- la posizione geografica (zone interne della catena alpina e zone vicine alla pianura).



### LIMITE DELLA NEVICATA IN RAPPORTO ALLA QUOTA DELLO ZERO TERMICO E ALL'INTENSITA'

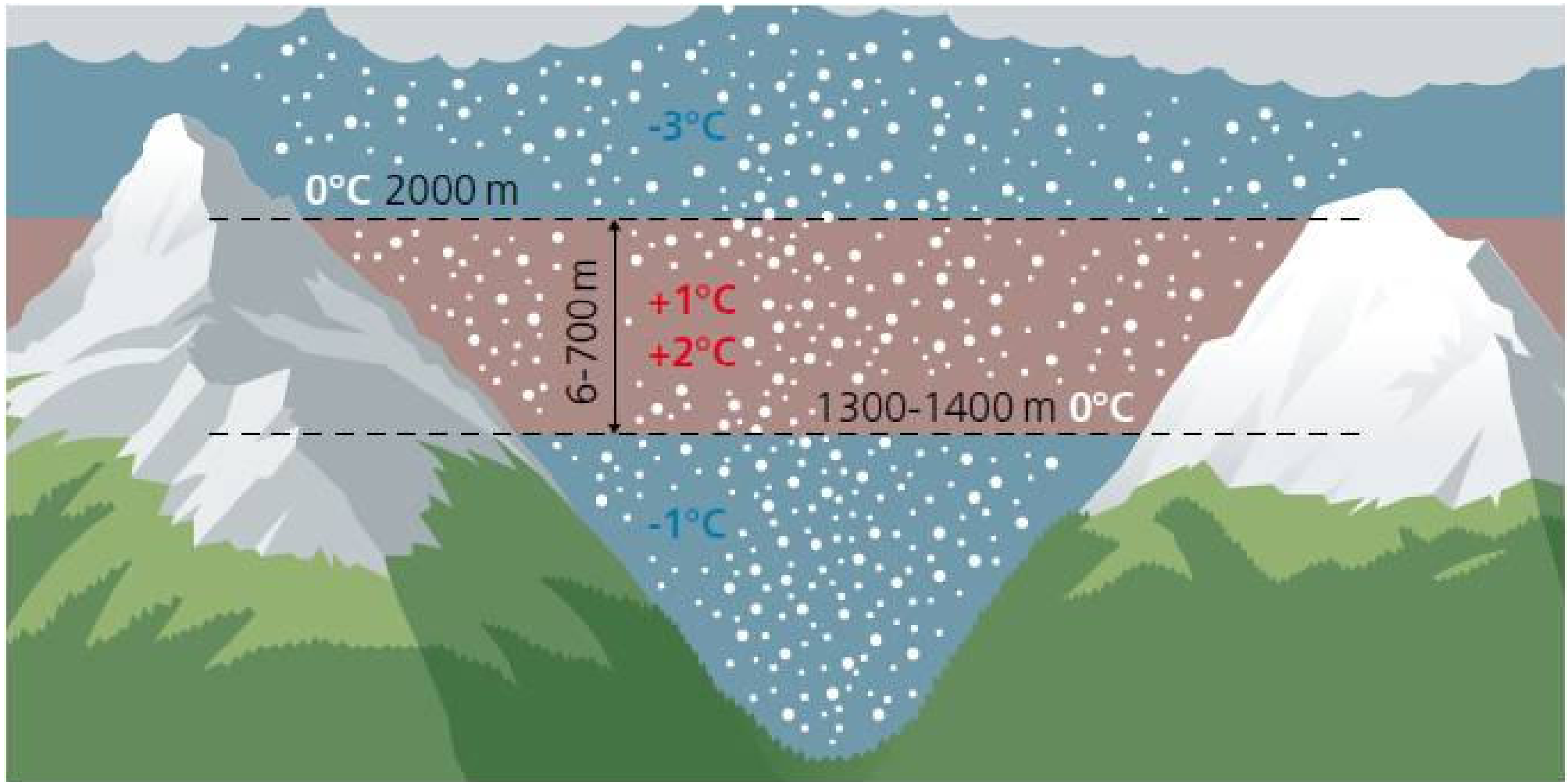
il limite della neve non corrisponde alla quota dello zero termico, ma scende al di sotto di essa in relazione all'intensità della precipitazione nevosa

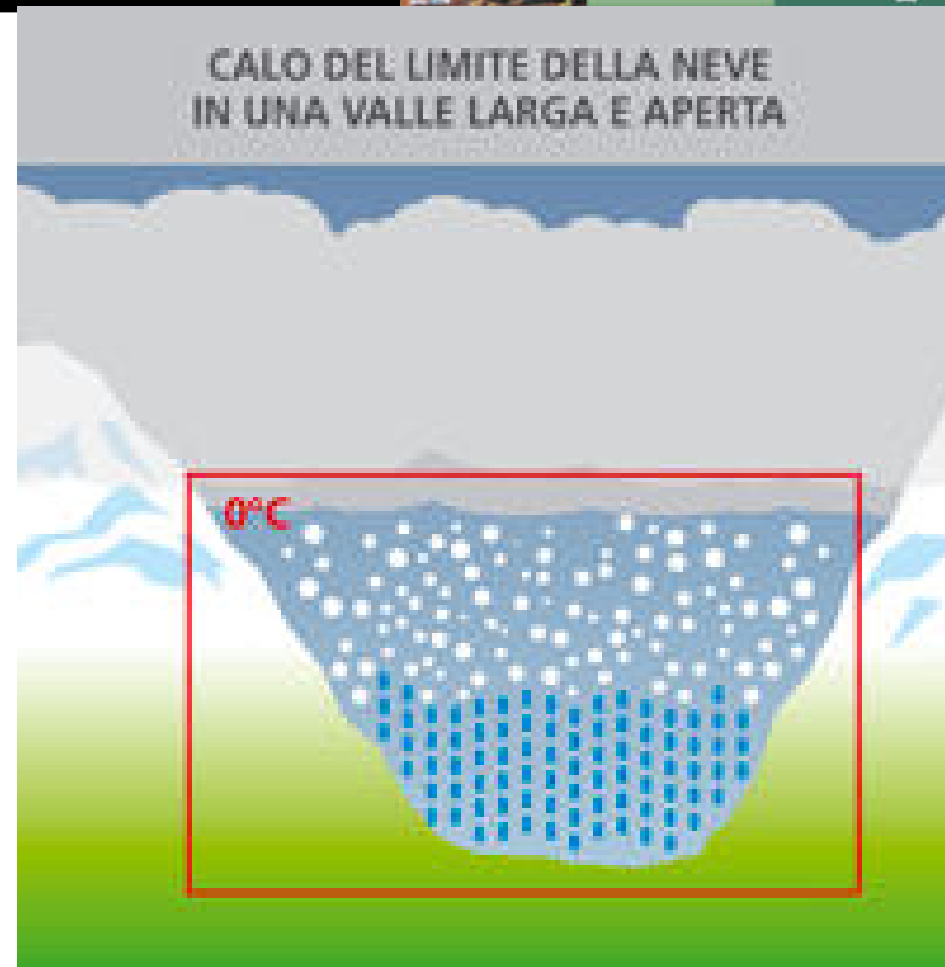
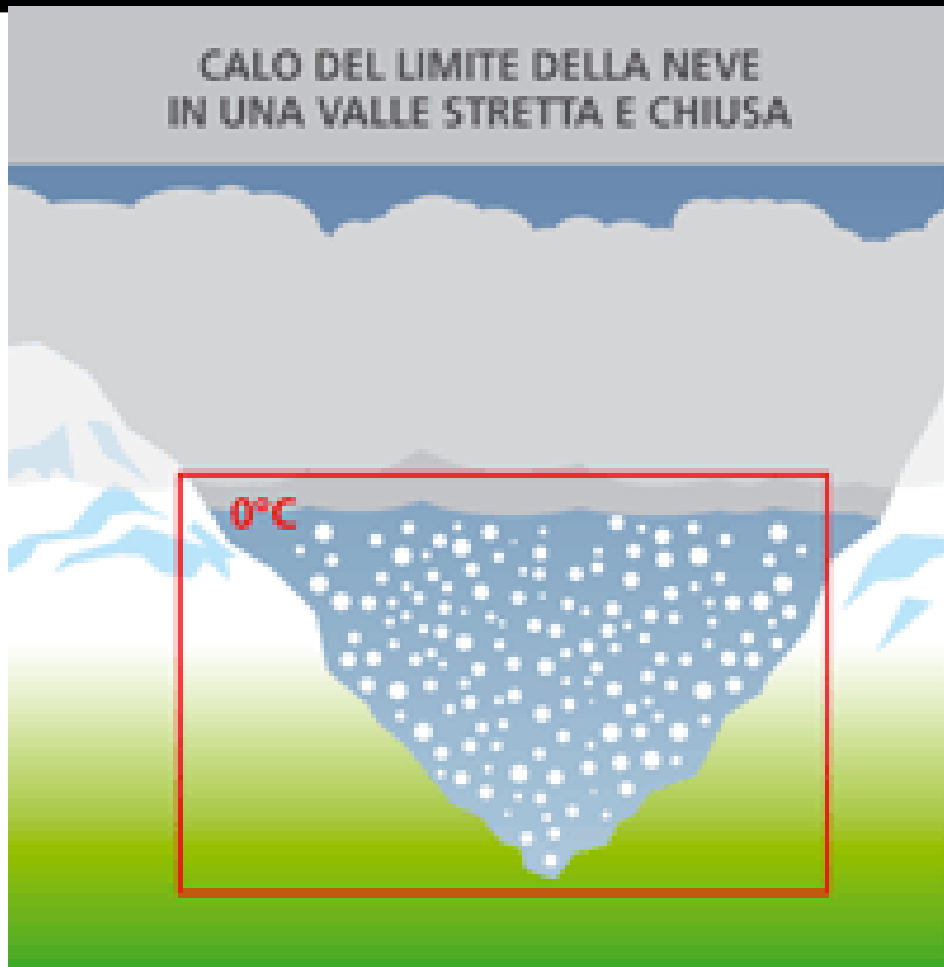






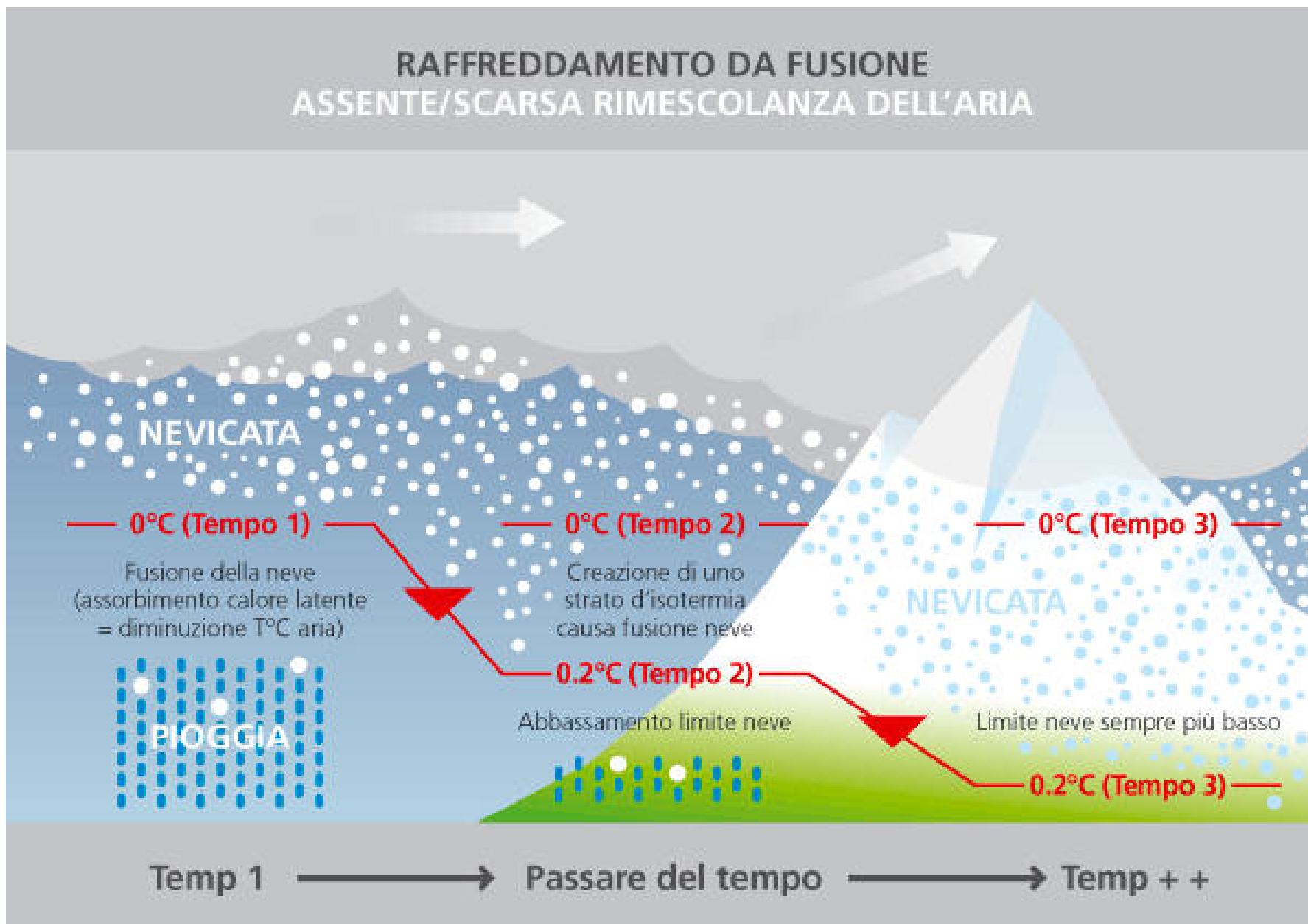
## Dipendenza del limite della nevicata Inversione termica

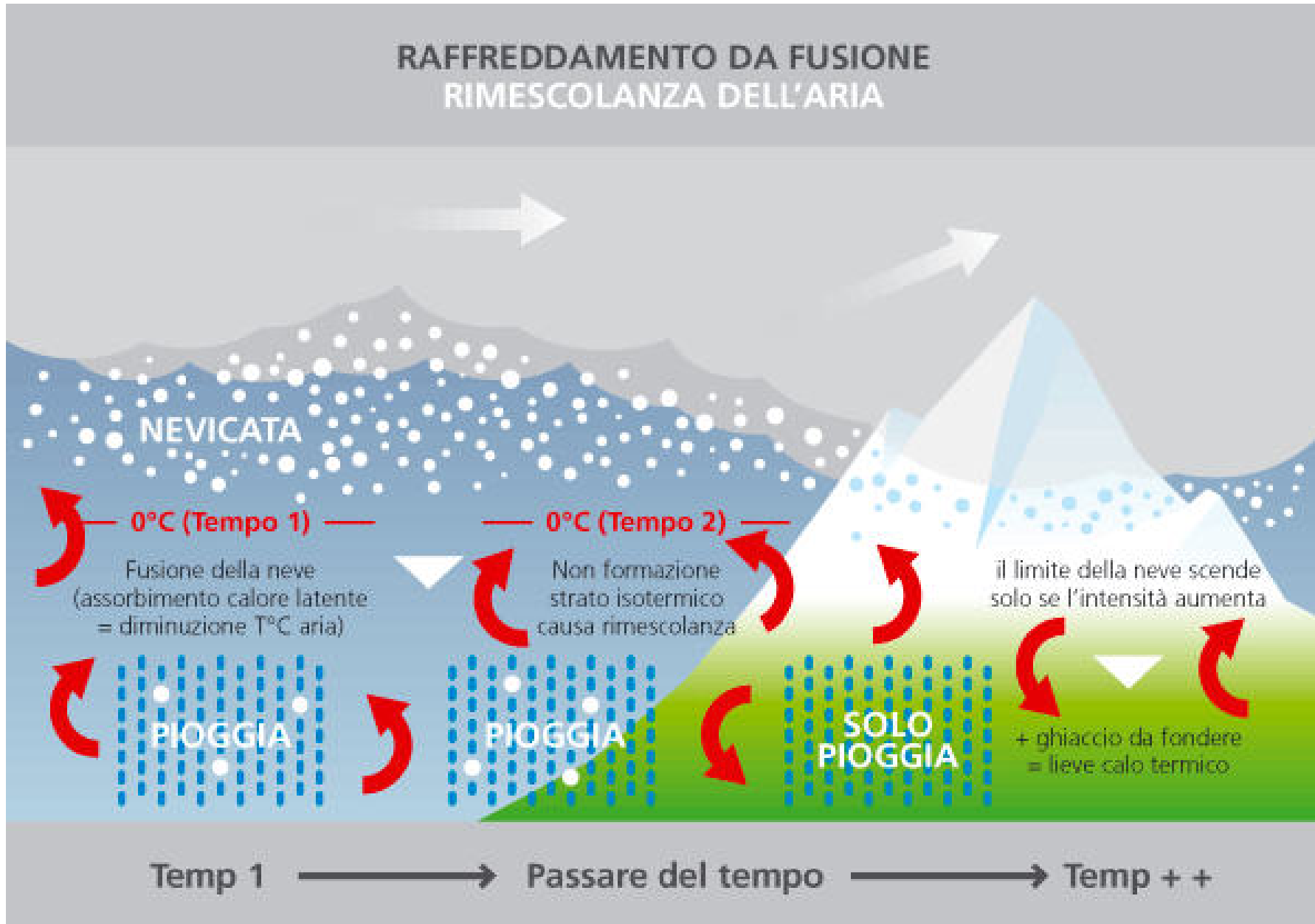




Nelle **valli strette** e chiuse il limite della neve tende a **scendere di più** che non nelle valli larghe, soprattutto in caso di non rimescolanza (venti deboli o assenti).

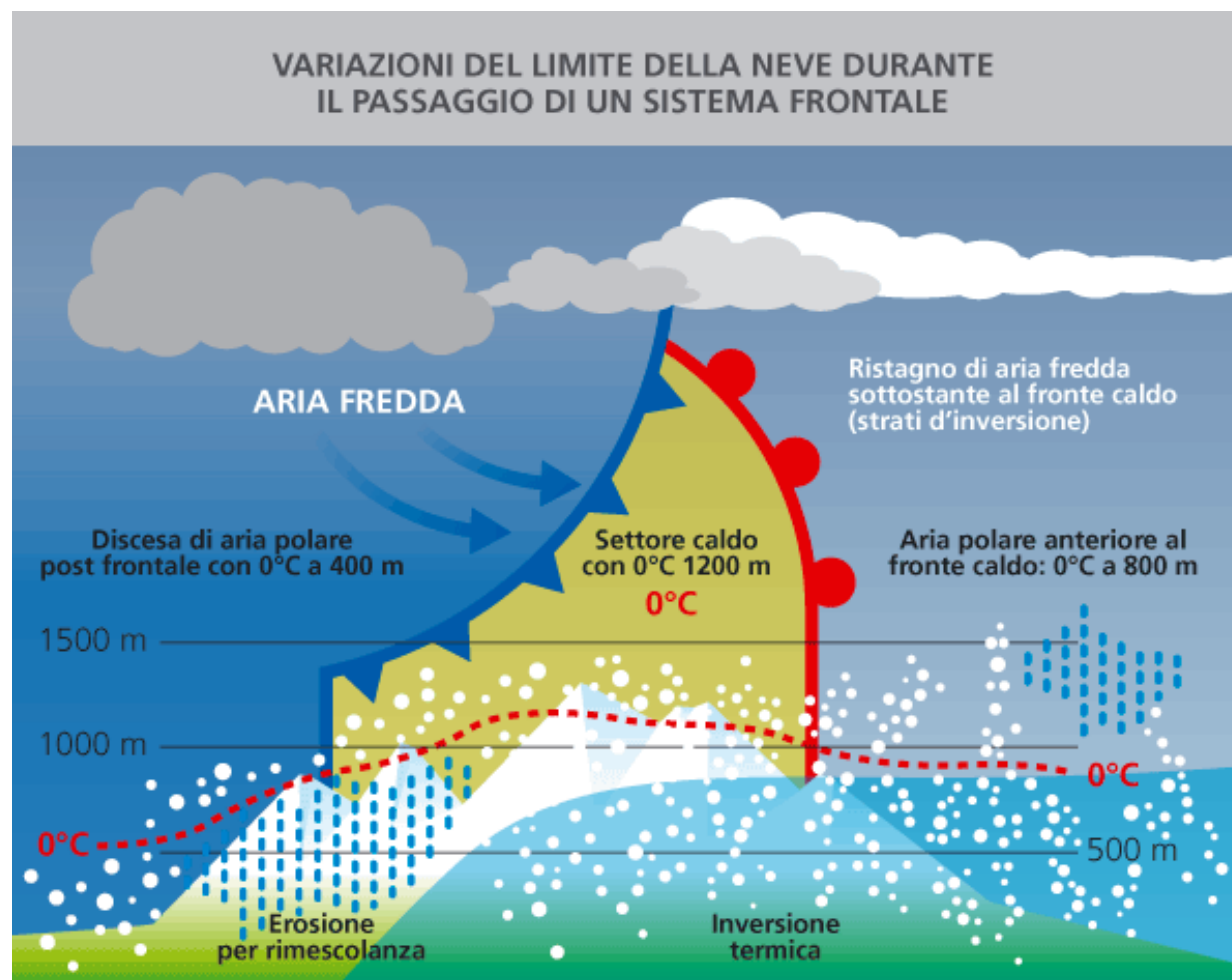
Il volume di atmosfera che consuma calore durante la fusione della neve, e quindi che si raffredda, è minore nelle valli più strette; la neve raffredda l'atmosfera fino a quote più basse





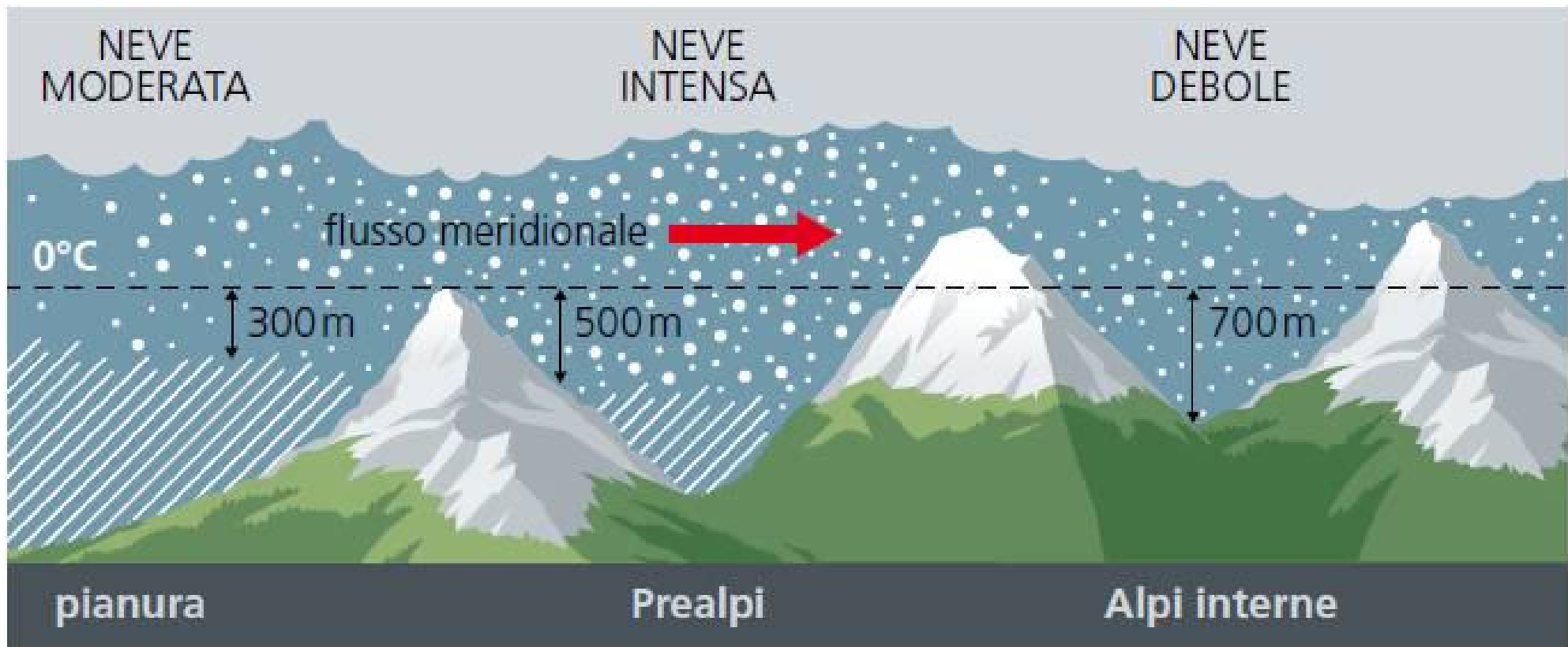
## LA NEVE DA CUSCINETTO FREDDO

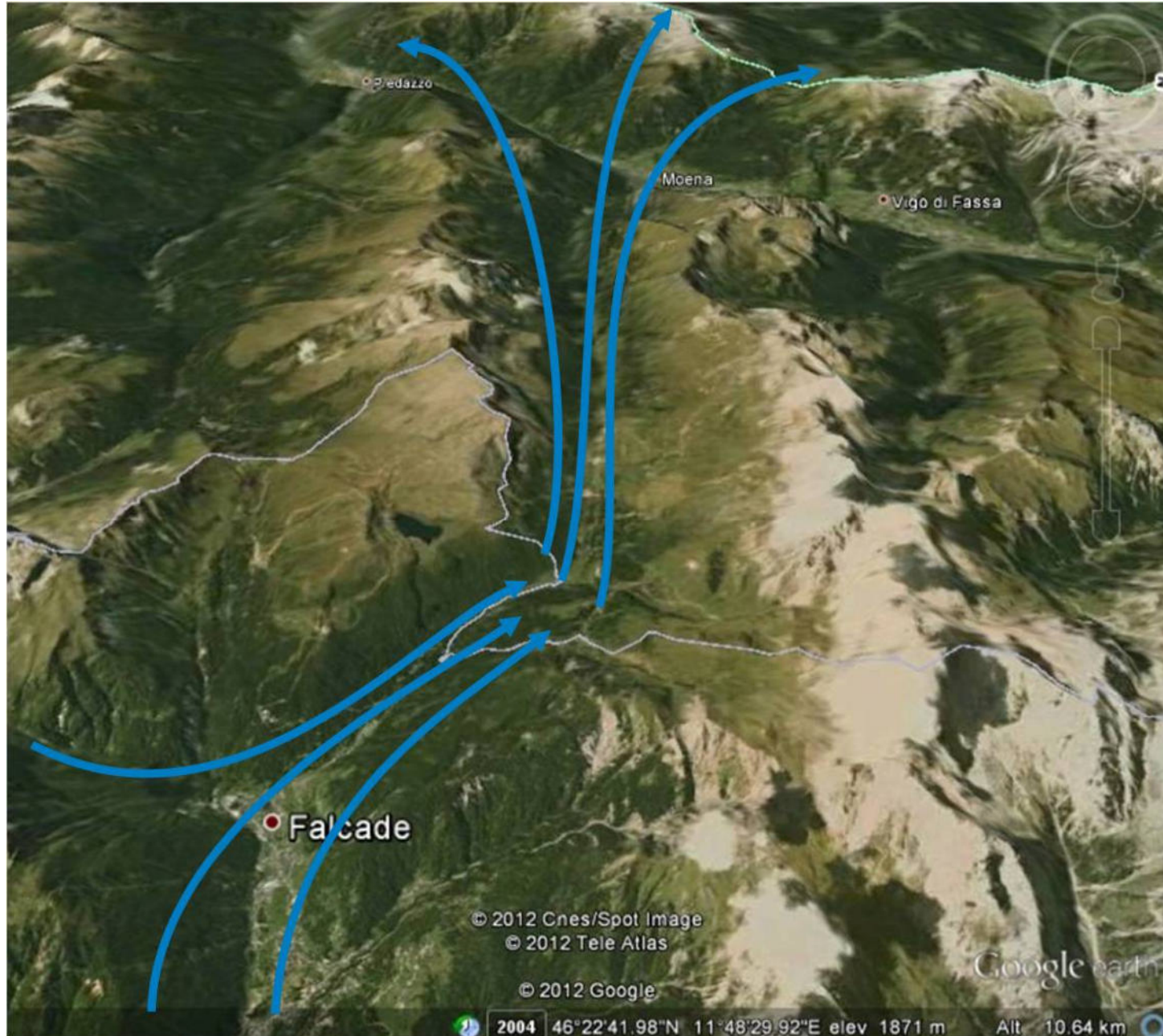
- EROSIONE DELLO STRATO FREDDO NEI BACINI INTRA MONTANI O SULLA PIANURA PADANO VENETA





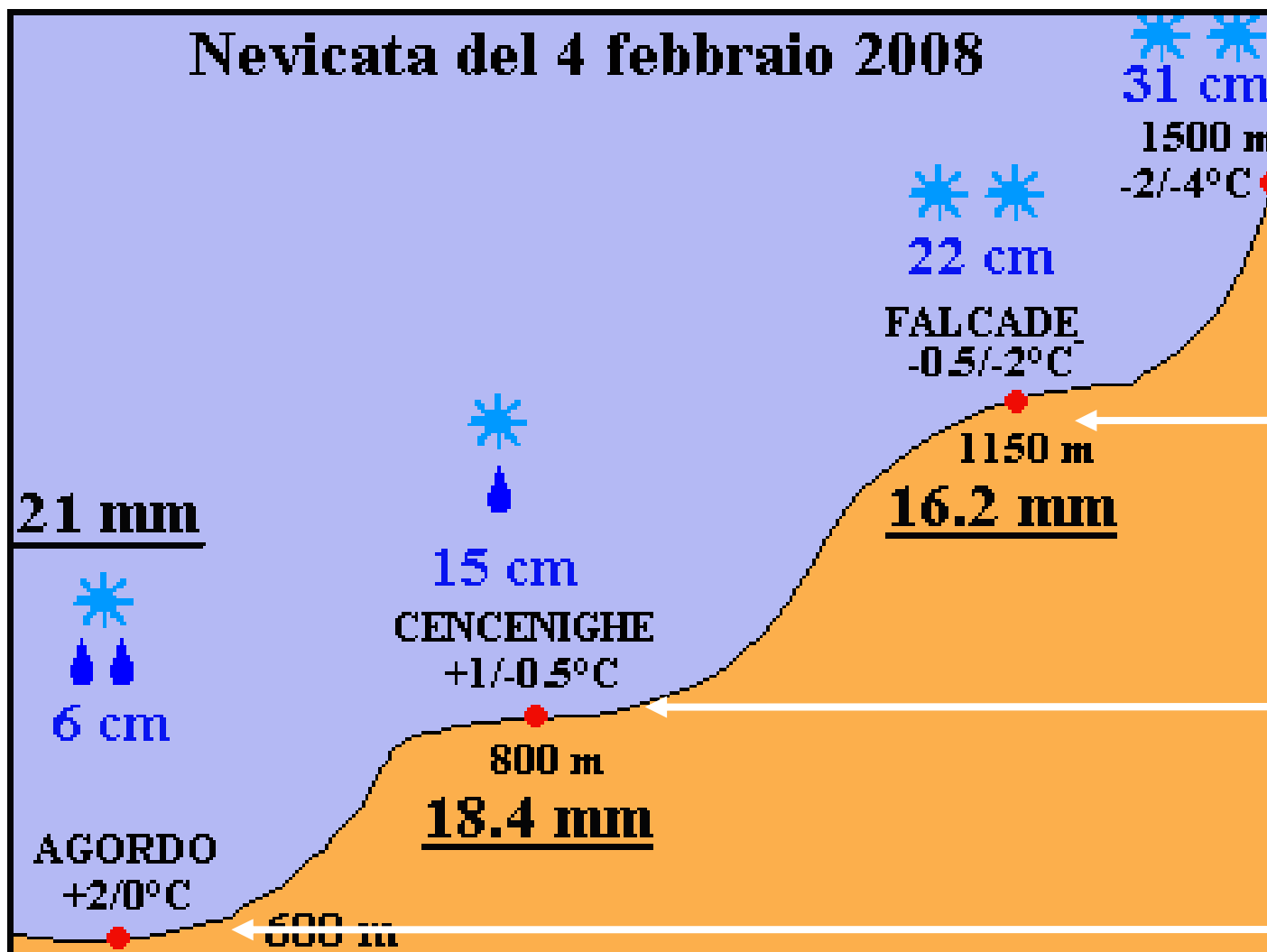
## Dipendenza del limite della nevicata Posizione geografica





## Componente orografica

# Variazioni delle quantità di neve in relazione alle temperature e a volte in funzione di parte della Precipitazione sotto forma di pioggia



Neve soffice e leggera

Neve asciutta

Un po' di pioggia  
neve umida

Molta pioggia e  
Neve bagnata



# La previsione del tempo (in montagna) Premessa

“Il paradosso più grande della meteorologia è quello di voler riuscire a fare una previsione esatta partendo da uno stato iniziale dell’atmosfera che non si conosce esattamente.”

(Il tempo in montagna – Kappenberger/Kerkman)



## DURATA DELLE PREVISIONE

- Nowcasting (3/6 ore)
- Previsione di breve/brevissimo periodo (VSRF Very Short Range Forecast) (6/12 ore)
- Previsione di medio periodo (48 ore)
- Previsione di medio/lungo periodo (2-4 giorni)
- Previsione di lungo periodo: alcune previsioni si spingono fino a 10-15 giorni



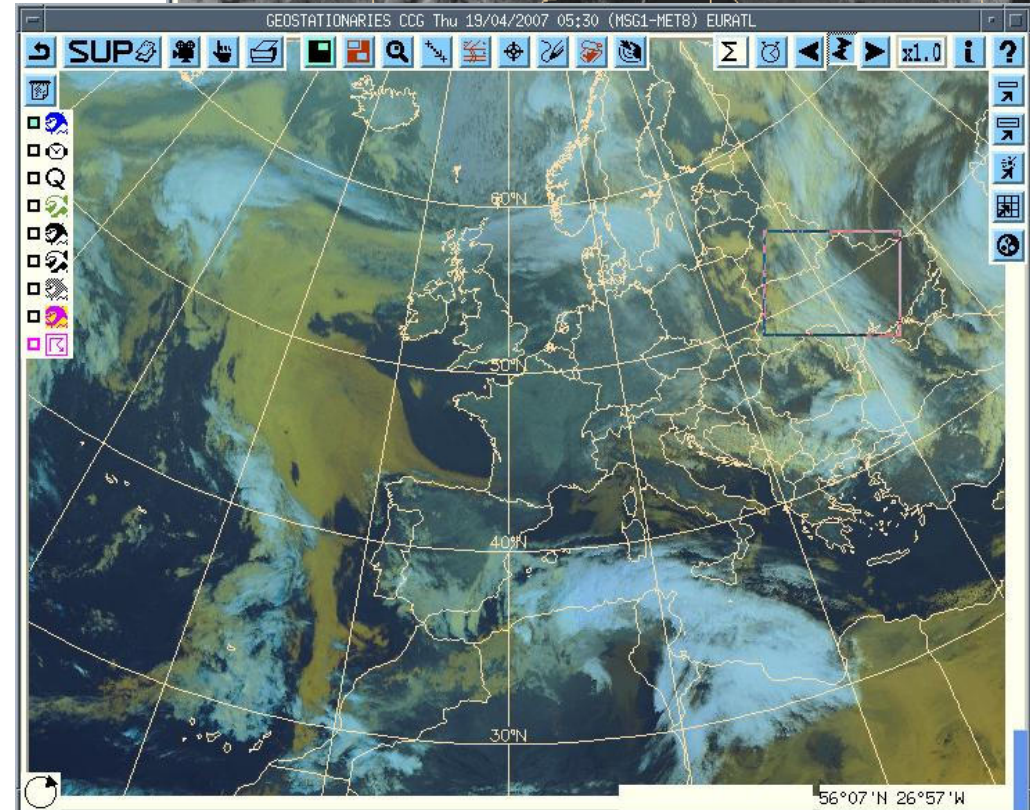
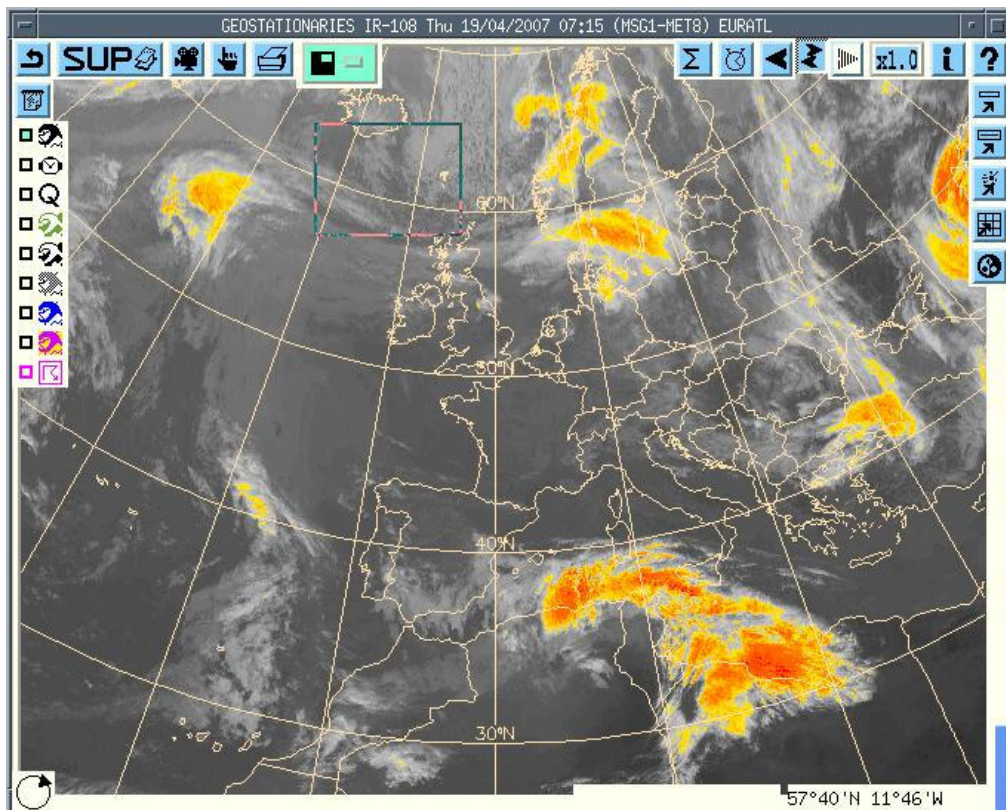
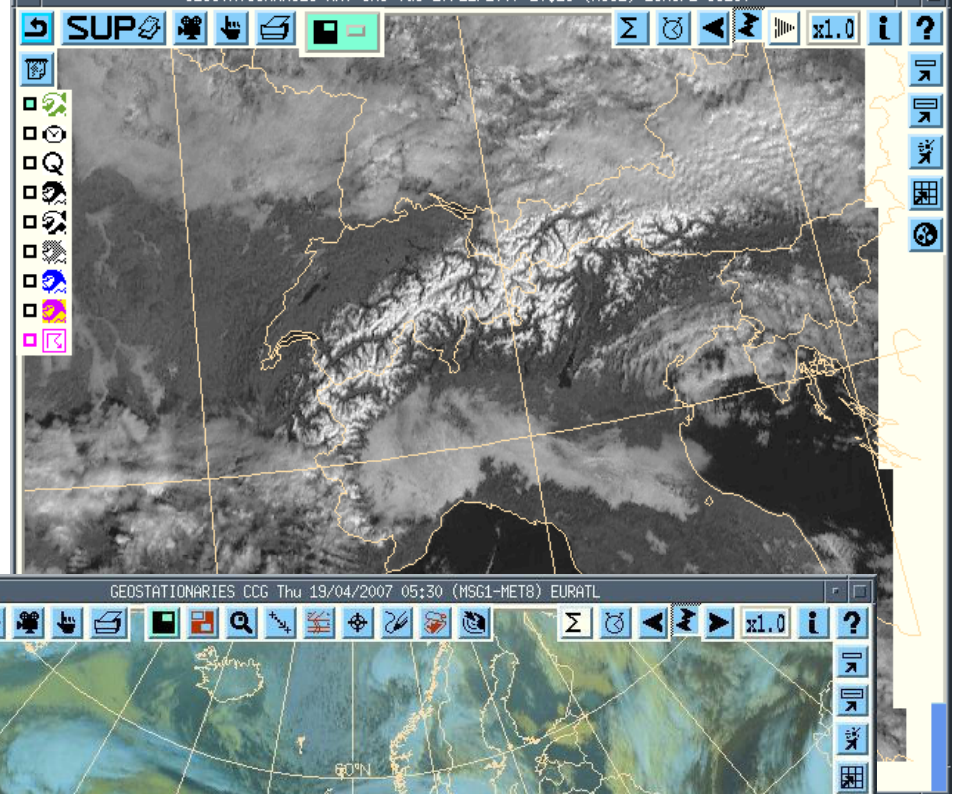
## Nowcasting e VSRF

La previsione di brevissimo periodo viene fatta utilizzando prevalentemente l'osservazione diretta del tempo in atto:

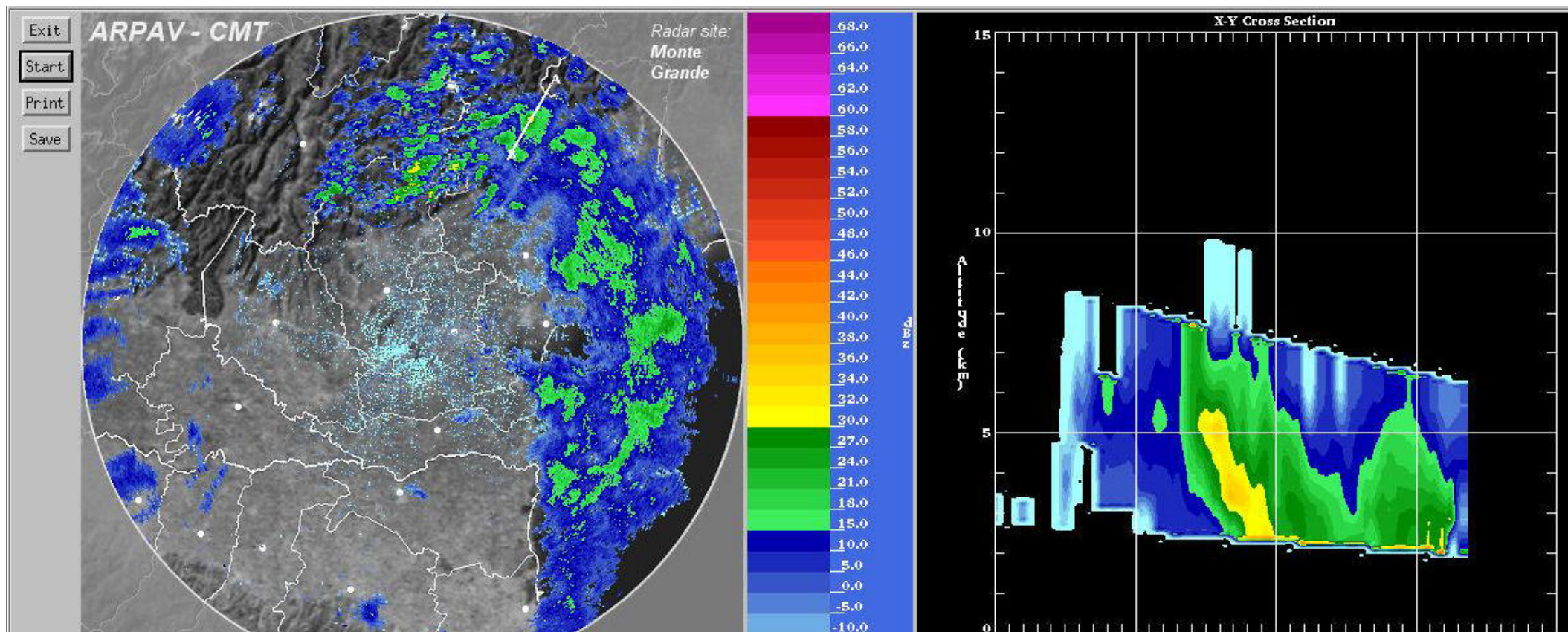
- Immagini da satellite
- Radar
- Reti di stazioni automatiche
- Radiosondaggi
- Osservazioni dirette



# Immagini da satellite

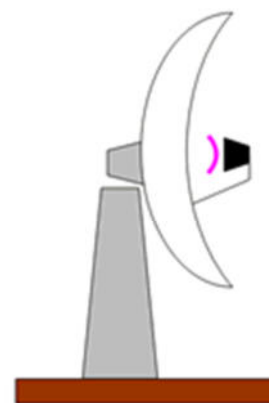


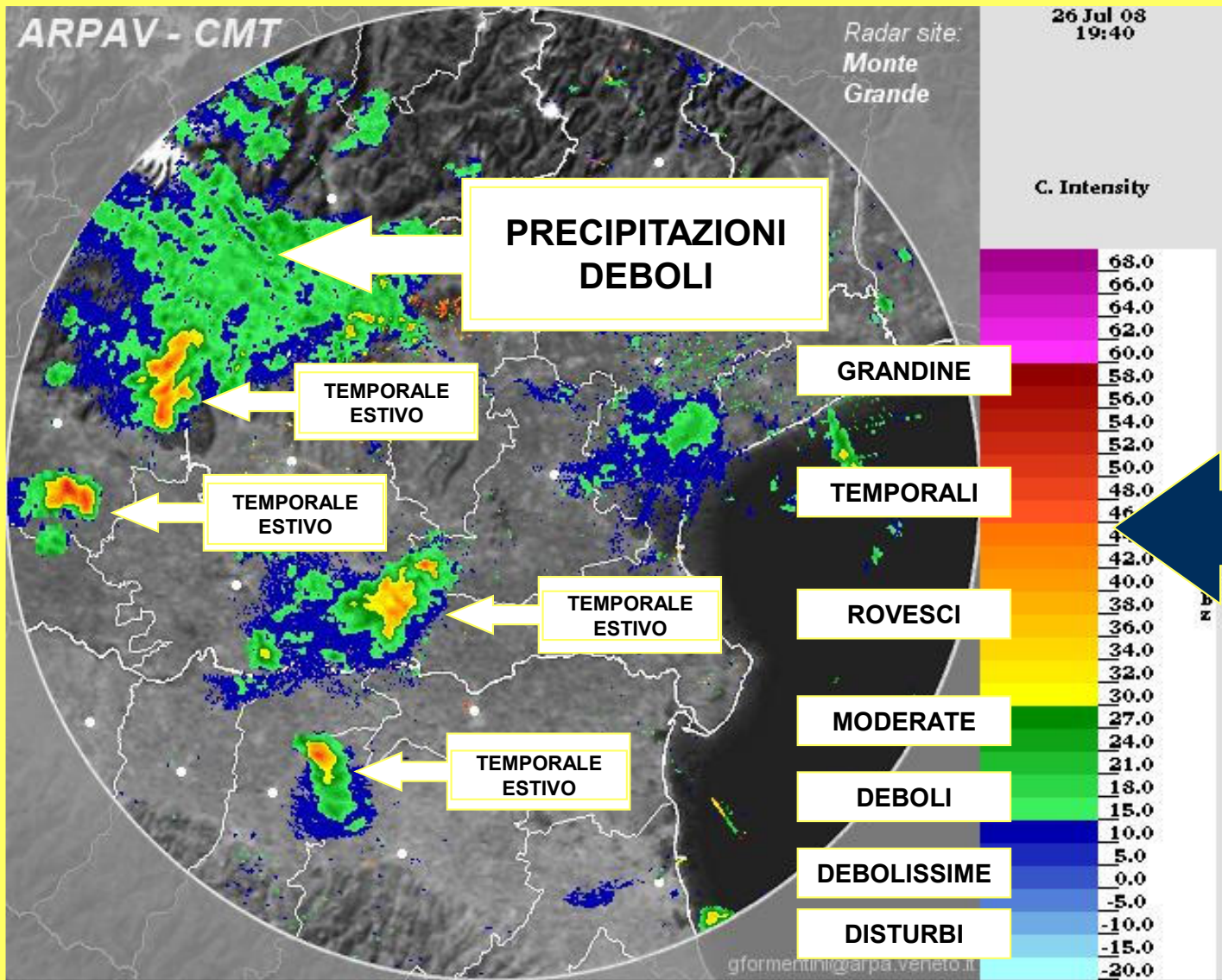
RADAR METEOROLOGICO: Il radar meteorologico è uno strumento che consente di rilevare la presenza di idrometeore (pioggia, grandine, neve). Tramite l'analisi del segnale ricevuto è possibile conseguire diverse informazioni circa l'insieme delle idrometeore osservate, come la loro distanza rispetto all'antenna radar, le loro dimensioni, e la loro velocità di spostamento rispetto al radar. Poiché l'intensità di precipitazione è funzione del volume delle gocce e della loro velocità di caduta (funzione anch'essa del diametro delle gocce), le informazioni ricavate dal radar consentono una stima indiretta dell'intensità di precipitazione in atto.





Il principio di funzionamento del radar si basa sull'emissione di un impulso elettromagnetico nell'atmosfera. L'emissione degli impulsi, eseguita variando la direzione verso cui punta l'antenna, consente di indagare un determinato volume atmosferico (scansione volumetrica). Ove siano presenti degli ostacoli, che nel caso meteorologico sono le precipitazioni, le onde elettromagnetiche vengono riflesse e ritornano al radar. La lunghezza d'onda emessa permette di "vedere" solamente gli ostacoli che hanno delle dimensioni particolari. Poiché l'intensità di precipitazione è funzione del volume delle gocce e della loro velocità di caduta (funzione anch'essa del diametro delle gocce), le informazioni ricavate dal radar consentono una stima indiretta dell'intensità di precipitazione in atto.





SCALA DI INTENSITA' DELLE PRECIPITAZIONI RILEVATE

Product Type: Base Section Corrected Intensity Upper : 30

PRF: 1109 Hz Max Range: 128 km Gates: 256

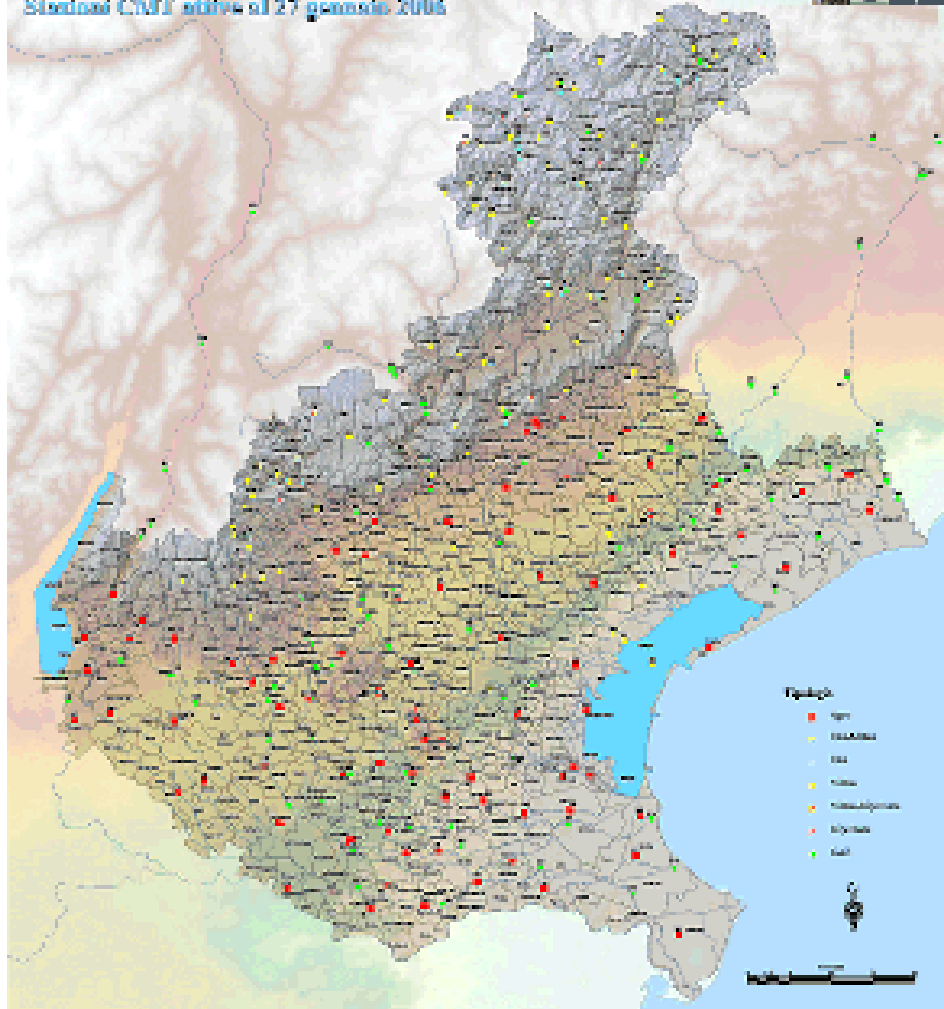
Gatewidth: 500 m Samples: 40 Unfolding: 3:2

Pulse Width: 0.8 us Clutter Filter: 2 Range Normalization: On

Site Name: Teolo, Italy Radar Type: TVDR-2500C Antenna Height ASL: 472 m



Stazioni CNMT attive al 27 gennaio 2006



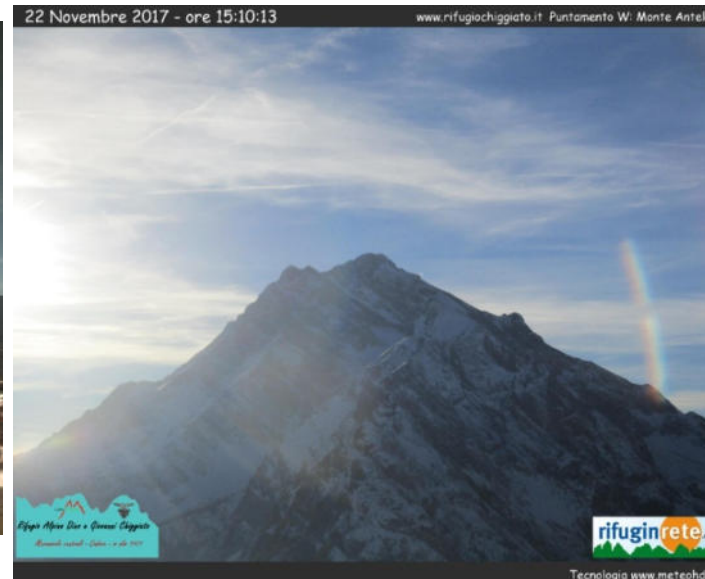
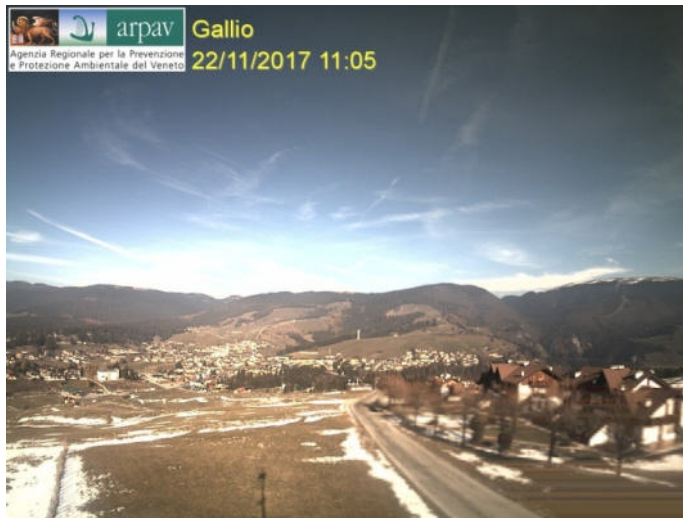
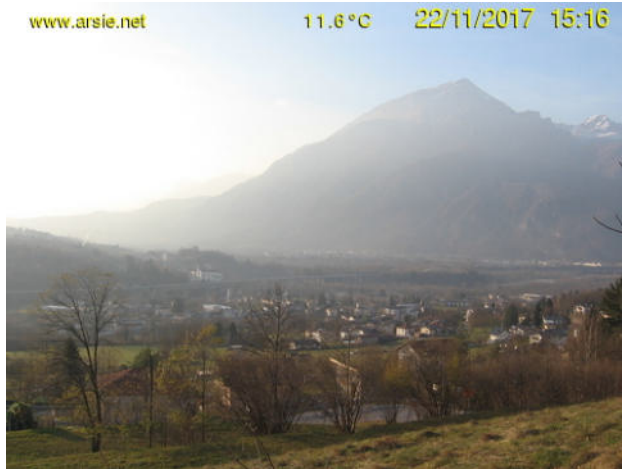
Stazione	Coordinate	Tipologia	Stato
001	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
002	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
003	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
004	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
005	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
006	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
007	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
008	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
009	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
010	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
011	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
012	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
013	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
014	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
015	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
016	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
017	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
018	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
019	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
020	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
021	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
022	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
023	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
024	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
025	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
026	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
027	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
028	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
029	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
030	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
031	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
032	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
033	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
034	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
035	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
036	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
037	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
038	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
039	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
040	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
041	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
042	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
043	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
044	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
045	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
046	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
047	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
048	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
049	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
050	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
051	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
052	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
053	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
054	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
055	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
056	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
057	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
058	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
059	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
060	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
061	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
062	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
063	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
064	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
065	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
066	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
067	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
068	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
069	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
070	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
071	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
072	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
073	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
074	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
075	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
076	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
077	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
078	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
079	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
080	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
081	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
082	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
083	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
084	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
085	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
086	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
087	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
088	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
089	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
090	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
091	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
092	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
093	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
094	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva
095	45° 45' N 12° 15' E	Siti D	Attiva
096	45° 45' N 12° 15' E	Siti E	Attiva
097	45° 45' N 12° 15' E	Siti	Attiva
098	45° 45' N 12° 15' E	Siti A	Attiva
099	45° 45' N 12° 15' E	Siti B	Attiva
100	45° 45' N 12° 15' E	Siti C	Attiva

# Reti di stazioni automatiche





## Osservazioni dirette Le reti di webcam





# Previsione di breve e medio periodo (le previsioni con i modelli matematici)

- Immagini da satellite
- Radar
- Reti di stazioni automatiche
- Radiosondaggi
- Osservazioni dirette
- MODELLI MATEMATICI DI PREVISIONE
- CONOSCENZA DEL TERRITORIO



# I modelli matematici

Partendo da uno stato iniziale misurato (approssimativamente), si cerca di riprodurre l'andamento futuro del parametro considerato, utilizzando degli algoritmi che si rifanno prevalentemente alle leggi della termodinamica.

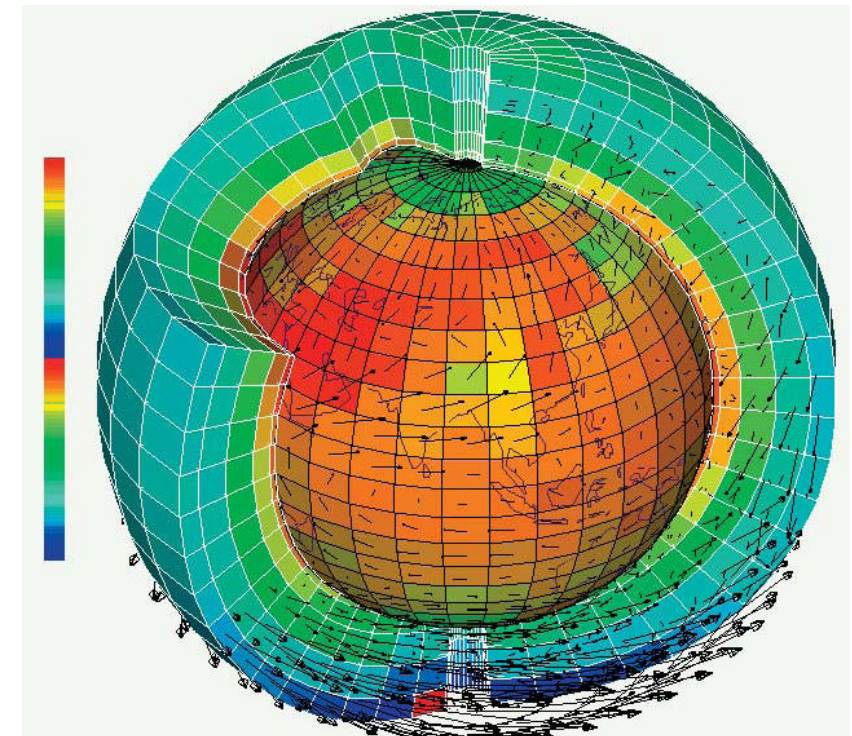
$$X_{t_0} \rightarrow X_{t_1} \rightarrow X_{t_2} \dots\dots\dots X_{t_\infty}$$

L'operazione è effettuata per i punti di una griglia, più o meno fitta a seconda della risoluzione del modello. I punti di uguale valore sono uniti a formare una isolina (es: isobara), attraverso le quali si disegnano delle mappe tematiche riferite alla previsione dei singoli parametri.



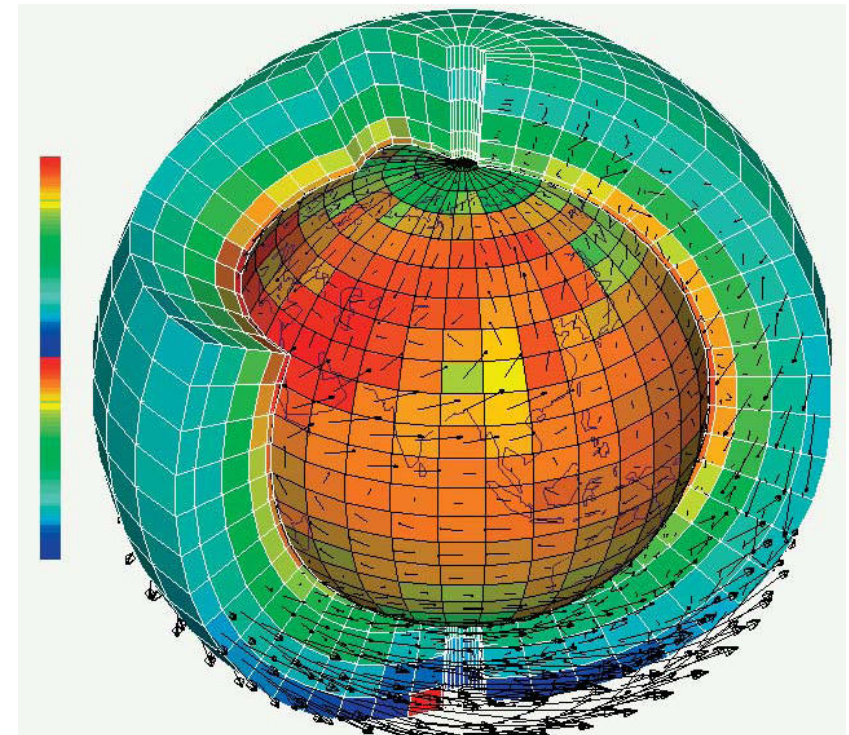
## I MODELLI MATEMATICI

- Calcolare **l'evoluzione futura** del tempo conoscendo lo stato iniziale dell'atmosfera ed i meccanismi fisici e le equazioni che determinano i movimenti atmosferici ed i loro cambiamenti.
- **Algoritmi** (formule) che riproducono i comportamenti fisici degli elementi dell'atmosfera.



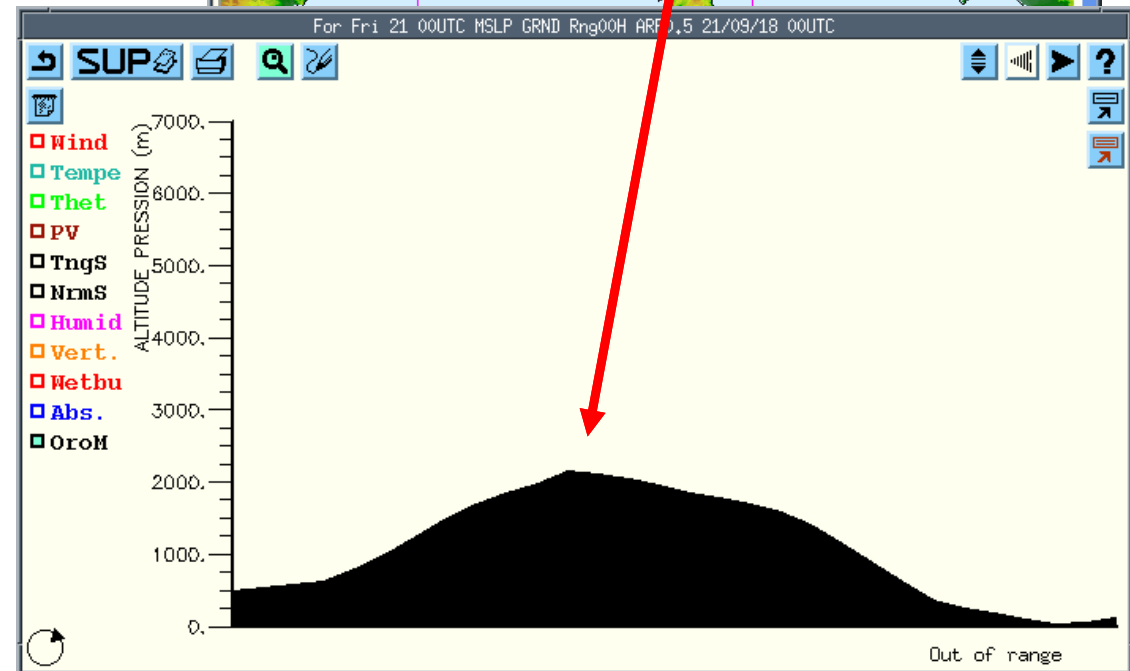
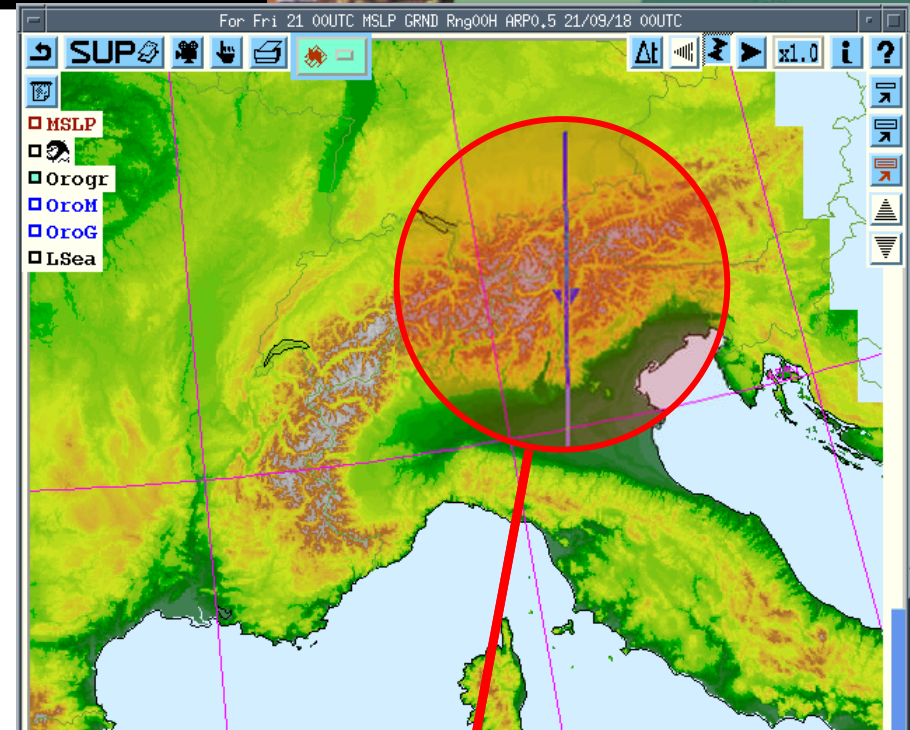
# LIMITI INTRINSECI

- Si attribuisce un valore (di un qualsiasi parametro misurato) ad un intorno che è necessariamente disomogeneo
- Le formule devono essere semplificate prevalentemente per velocità di calcolo



# LIMITI INTRINSECI

- Anche la rappresentazione dell'orografia (le montagne) in maniera numerica deve essere semplificata (nei modelli a scala locale si "affina" la rappresentazione dell'orografia)





# LIMITI INTRINSECI

## -Errori nella conoscenza della condizione iniziale (analisi)

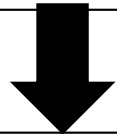
- errori/lacune nelle osservazioni
- assimilazione dati
- analisi a risoluzione adeguata

## - Errori nel modello

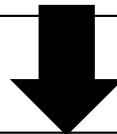
- risoluzione
- descrizione/conoscenza approssimata dei processi fisici
- metodi numerici



L'atmosfera è un sistema dinamico a comportamento "caotico"



Gli errori si amplificano e ci sono limiti di predicibilità non superabili



La conoscenza approssimata della condizione iniziale non produce una previsione approssimata, ma una previsione SBAGLIATA



# La previsione in montagna

La previsione per un territorio montano complesso necessita di notevole **esperienza** da parte del previsore, e non può prescindere da un'approfondita conoscenza della **climatologia dinamica** della propria Regione.

I modelli, specie se a scala globale, non sono in grado di discriminare la previsione nelle singole valli, o di prevedere correttamente fenomeni quali l'inversione termica notturna, il diverso limite delle neviccate nei diversi settori, o la precisa localizzazione delle aree temporalesche.



Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

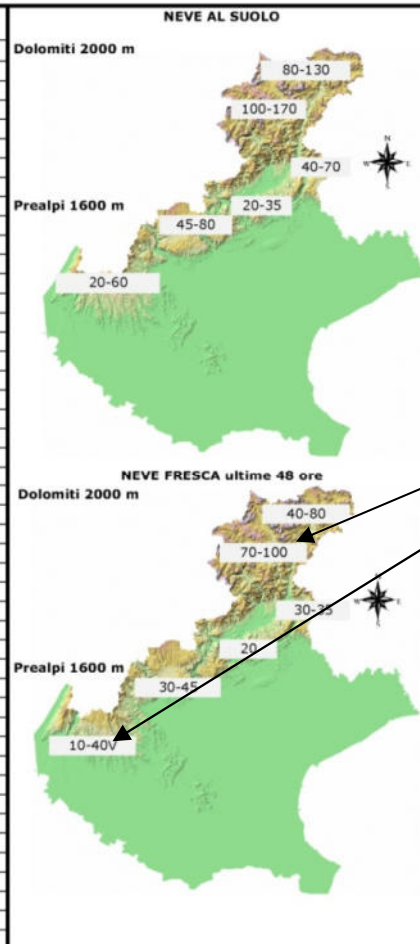
## DOLOMITI NEVE AL SUOLO

Dolomiti e Prealpi venete / 011 / 26-12-2013

Copertura: Montagna Veneta Freqenza: ad evento  
Periodicit : Stagionale

### CONDIZIONI DI INNEVAMENTO ALLE ORE: 8.00

ALTEZZA NEVE IN cm (V= dato alterato dal vento, P= pioggia su neve, tr= tracce di neve al suolo)	NEVE AL SUOLO	NEVE FRESCA
	HS	HN (48h)
<b>DOLOMITI SETTENTRIONALI</b>		
Casera Coltrondo, 1960 m - M. Croce	95	54
Monte Piana, 2265 m - Misurina	84	42
Casera Doana, 1899 m - P. Mauria	N.P.	N.P.
Ra Vales, 2615 m - Cortina	95V	65V
Passo Falzarego, 2117 m	113	82
Sappada, 1220 m	41	27
Padola, 1205 m	34	24
Auronzo, 875 m	15P	15P
Pieve di Cadore, 880 m	5P	5P
Cortina, 1265 m	40P	40P
<b>DOLOMITI MERIDIONALI</b>		
Piz Bo�, 2908 m	N.P.	N.P.
Monti Alti Ornella, 2250 m - Arabba	115V	64V
Cima Pradazzo, 2200 m - Falcade	65V	65V
Col dei Baldi, 1900 m Zoldo-Alleghe	162	93
Maiga Losch, 1735 m - Frassen�	141	96
Pecol di Zoldo, 1370 m	74	53
Arabba, 1630 m	102	69
Falcade, 1200 m	50P	35P
Agordo, 610 m	0	0
Frassen�, 1050 m	3P	1P
<b>PREALPI BELLUNESI</b>		
Casera Palantina, 1505 m - Alpage	59P	32P
Faverghera, 1605 m - Nevegal	3P	6P
Pian Cansiglio, 1015 m	0	0
Puos d'Alpage, 400 m	0	0
Pranolz, 815 m - Trichiana	0	0
Belluno, 410 m	0	0
Trichiana, 347 m	0	0
Feltre, 280 m	0	0
Arsi�, 315 m	0	0
Lamon, 600 m	0	0
Monte Grappa, 1540 m	25P	20P
<b>PREALPI VICENTINE</b>		
Monte Lisser, 1428 m - Enego	18P	5P
Maiga Larici, 1605 m - Altop. Asiago	N.P.	N.P.
Campomolon, 1735 m - Arsiero	N.P.	N.P.
Passo Campogrosso, 1464 m	32P	7P
Asiago, 1000 m	0	0
Recoaro Terme, 445 m	0	0
<b>PREALPI VERONESI</b>		
Monte Tomba, 1620 m	13V	10V
Monte Baldo, 1751 m	63V	41V
Boscochiesanuova, 1100 m	0	0
S. Zeno di Montagna, 590 m	0	0

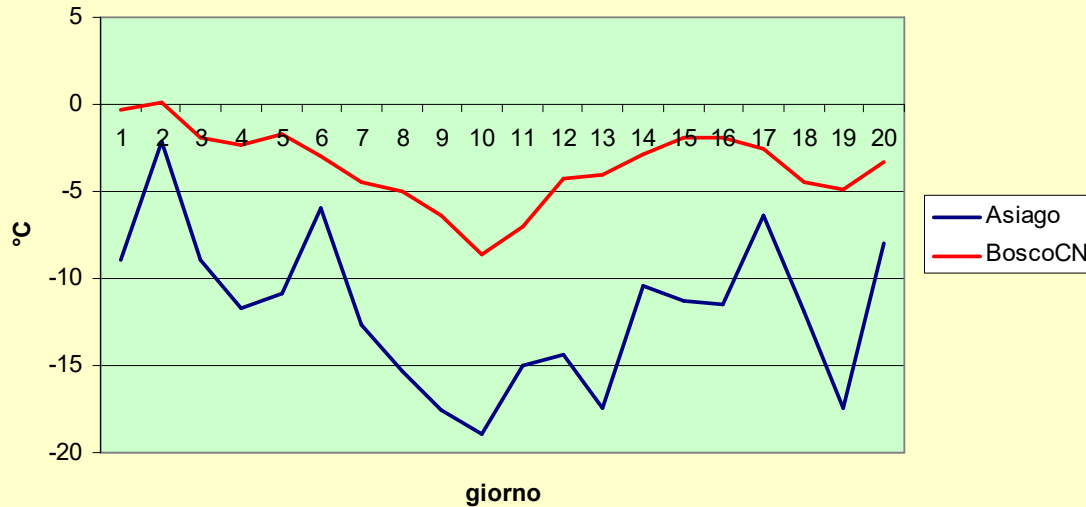


# Irregolarit  degli apporti nevosi

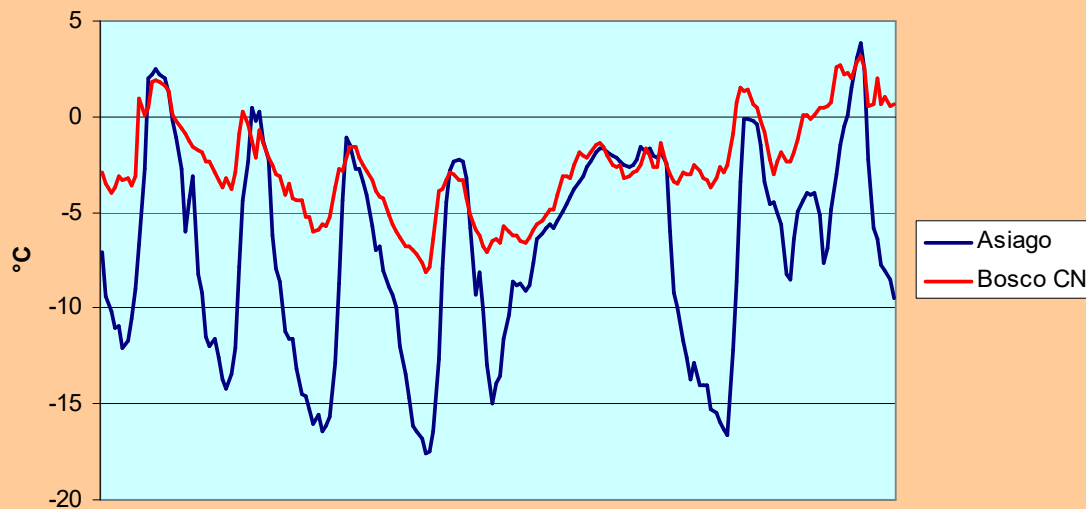
N.B. Le condizioni di innevamento si riferiscono al manto nevoso vergine e non sono correlabili con lo stato e la praticabilit  delle piste preparate



temperatura minima 1/20 febbraio 2013 ad Asiago e  
Boscochiesanuova



temperatura oraria 7/14 febbraio 2013 ad Asiago e  
Boscochiesanuova



Previsione delle temperature per due località alla stessa quota e nella stessa fascia climatica



# IL BOLLETTINO METEOROLOGICO

Il bollettino meteorologico generalmente contiene:

- Descrizione della situazione generale e dell'evoluzione
- Previsione dettagliata per il giorno in corso, il primo ed il secondo giorno di previsione
- Tendenza per il terzo (e quarto) giorno di previsione
- Altre informazioni



# La lettura e la corretta **interpretazione del bollettino** meteorologico

- Il bollettino meteorologico fornisce delle **indicazioni sintetiche** e spesso non può scendere nel dettaglio
- Il bollettino **non fornisce indicazioni** circa possibili pericoli o altre indicazioni **di fruibilità del territorio**, ma indica la possibilità del verificarsi di un determinato evento
- Le **figure** riportano generalmente solo il **tempo prevalente**
- E' necessario conoscere la **precisa localizzazione** per poter collocare correttamente la previsione
- Tanto più lontani si è rispetto alla zona oggetto della previsione, tanto meno precisa risulterà la previsione stessa, specie se si tratta di previsioni di dettaglio



# Aggiornamento

- Poiché l'attendibilità della previsione cala sensibilmente già al terzo o quarto giorno, è necessario, per programmare un'attività all'aperto, aggiornare costantemente le informazioni previsionali di giorno in giorno rispetto all'avvicinarsi della data in oggetto



## Dolomiti Meteo

Bollettino del 14 febbraio 2013 ore 13:00

### Il tempo oggi

**giovedì 14 pom/sera:** tempo in miglioramento, con progressivo dissolvimento della nuvolosità e cielo che diverrà sereno o poco nuvoloso nel corso del pomeriggio, con qualche residuo addensamento a ridosso delle cime dolomitiche. In serata comparsa di sottili ed innocue velature. Clima diurno più mite.

Quota 0°C libera atmosfera h12(m)					
giorno	gio	ven	sab	dom	lan
quota	1400	1200	1100	1000	900

### Il tempo previsto



**venerdì 15:** tempo solo in parte soleggiato, con addensamenti medio-alti che limiteranno il soleggiamento soprattutto al mattino e sempre meno compatti al pomeriggio/sera, e con la possibilità di qualche banco di nebbia nelle ore più fredde nei fondovalle, specie in Valbelluna.

**Precipitazioni:** assenti (0%).

**Temperature:** minime in lieve rialzo e registrate alla sera in alta quota, stazionarie nelle valli; massime stazionarie o in lieve calo. Su Prealpi a 1500 m min -3°C max 1°C, a 2000 m min -5°C max -2°C. Su Dolomiti a 2000 m min -7°C max -3°C, a 3000 m min -12°C max -10°C.

**Venti:** nelle valli deboli variabili; in quota deboli, al più temporaneamente moderati, in rotazione da Ovest a Nord, a 5-15 km/h a 2000 m, 10-35 km/h a 3000 m.



**sabato 16:** tempo in prevalenza soleggiato, con qualche nube medio-alta a limitare solo parzialmente e temporaneamente il soleggiamento, e la consueta insidia di qualche banco di nebbia nelle ore più fredde nei fondovalle prealpini.

**Precipitazioni:** assenti (0%).

**Temperature:** minime in calo, specie a fondovalle; massime stazionarie nelle valli, in lieve calo in quota. Su Prealpi a 1500 m min -4°C max -2°C, a 2000 m min -7°C max -4°C. Su Dolomiti a 2000 m min -8°C max -6°C, a 3000 m min -14°C max -12°C.

**Venti:** nelle valli deboli variabili; in quota deboli settentrionali, a 5-15 km/h a 2000 m, 10-20 km/h a 3000 m.

### La tendenza



**domenica 17:** tempo abbastanza soleggiato, con qualche addensamento in transito, a tratti un po' più intenso sulle Prealpi, ma con fenomeni generalmente assenti.

**lunedì 18:** tempo soleggiato con cielo prelopiù sereno per tutta la giornata. Clima più freddo al mattino, in parte mitigato dal soleggiamento di giorno.

Previsore: G.M. Aggiornamento Dolomiti Neve e Valanghe 14/02/2013

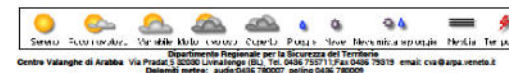
# Il Bollettino “Dolomiti Meteo”



## Previsioni Dolomiti Meteo

Bollettino del 14 febbraio 2013 ore 13:00

Località	T Min C°	T Max C°	Previsioni Locali per Venerdì 15 (ore 00-24) - servizio sperimentale								Pioggia (mm)	Neve (cm)
			Stato del Cielo - Probabilità di precipitazione									
			Notte (00-06)	Mattino (06-12)	Pomeriggio (12-18)	Sera (18-24)						
Bosco C.N.	-1	4		0%		0%		0%		0%	0	0
Asiago	-9	3		0%		0%		0%		0%	0	0
Belluno	-3	6		0%		0%		0%		0%	0	0
Agordo	-3	5		0%		0%		0%		0%	0	0
Arabba	-6	0		0%		0%		0%		0%	0	0
Cortina	-4	3		0%		0%		0%		0%	0	0
Pieve di Cadore	-3	4		0%		0%		0%		0%	0	0
Sappada	-6	2		0%		0%		0%		0%	0	0





# DEFINIZIONE DELL'**ATTENDIBILITA'** DELLA PREVISIONE

COSA SI INTENDE PER ATTENDIBILITA' DELLA PREVISIONE E COME ESSA PUO' ESSERE QUANTIFICATA E DESCRITTA?

L'ATTENDIBILITA' ESPRIME LA PROBABILITA' CHE L'EVENTO DESCRITTO NELLA PREVISIONE SI VERIFICHINO EFFETTIVAMENTE.

NON ESISTE UN METODO SCIENTIFICO PER DETERMINARE L'ATTENDIBILITA' DELLA PREVISIONE; ESSA DEVE NECESSARIAMENTE FARE RIFERIMENTO ALL'ATTENDIBILITA' DEI MODELLI, E RIMANE COMUNQUE UNA VALUTAZIONE IN PARTE SOGGETTIVA. L'ATTENDIBILITA' E' DA CONSIDERARSI BUONA QUALORA:

- CI SIA CONCORDANZA TRA DIVERSI MODELLI.
- I CLUSTERS DEL SINGOLO MODELLO NON DIVERGANO IN MANIERA SIGNIFICATIVA.
- LO STESSO MODELLO SI PRESENTI STABILE NEI DIVERSI RUNS CHE PRECEDONO L'EVENTO.
- I/IL MODELLO/I SI PRESENTI IN PARTENZA COERENTE CON LA SITUAZIONE IN ATTO.



L'ATTENDIBILITA' PUO' ESSERE ESPRESSA IN MANIERA **DESCRITTIVA** (OTTIMA, BUONA DISCRETA ECC.), O IN MANIERA **NUMERICA** (%)

LA DESCRIZIONE TRAMITE AGGETTIVI E' APPROPRIATA PER DEFINIRE L'ATTENDIBILITA' DELLA PREVISIONE IN SENSO GENERICO. IL GRADO DI ATTENDIBILITA' DELLA PREVISIONE VIENE IMPLICITAMENTE DESCRITTO ANCHE ATTRAVERSO L'USO DI TERMINI DI INCERTEZZA ALL'INTERNO DEL TESTO DELLA PREVISIONE. ES: SARANNO POSSIBILI, NON SI ESCLUDE ECC.

L'ESPRESSIONE NUMERICA (%) E' PIU' APPROPRIATA PER DESCRIVERE LA PROBABILITA' DI UN SINGOLO FENOMENO (ES. LA PRECIPITAZIONE). IN QUESTO CASO LA PERCENTUALE PUO' ESPRIMERE UNA PROBABILITA' SPAZIALE, TEMPORALE O PROBABILISTICA IN SENSO STRETTO. ESEMPIO:

**50% DI PROBABILITA' DI PRECIPITAZIONE PUO' SIGNIFICARE:**

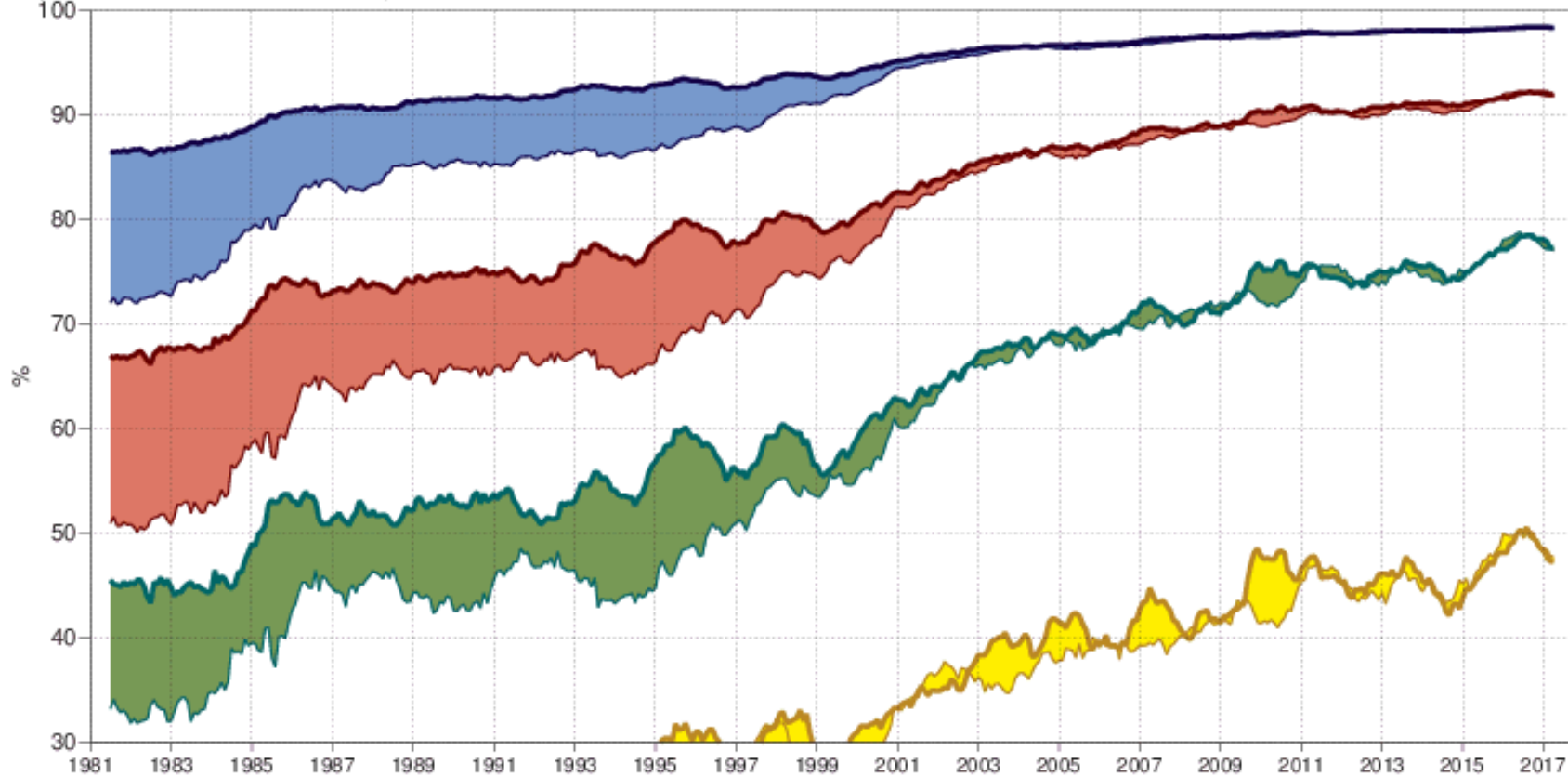
1. PROBABILMENTE PIOVERA' **SUL 50% DEL TERRITORIO** INTERESSATO DALLA PREVISIONE
2. PROBABILMENTE PIOVERA' **PER IL 50% DEL TEMPO** DESCRITTO NELLA PREVISIONE
3. ESISTE **UNA POSSIBILITA' SU DUE** CHE PIOVA SU UN QUALSIASI PUNTO DESCRITTO DALLA PREVISIONE ENTRO IL TEMPO DI VALIDITA' DELLA STESSA.



## Attendibilità modellistica

500hPa geopotential height  
Anomaly correlation  
12-month running mean  
(centered on the middle of the window)

- Day 7 NHem
- Day 7 SHem
- Day 10 NHem
- Day 10 SHem
- Day 3 NHem
- Day 3 SHem
- Day 5 NHem
- Day 5 SHem



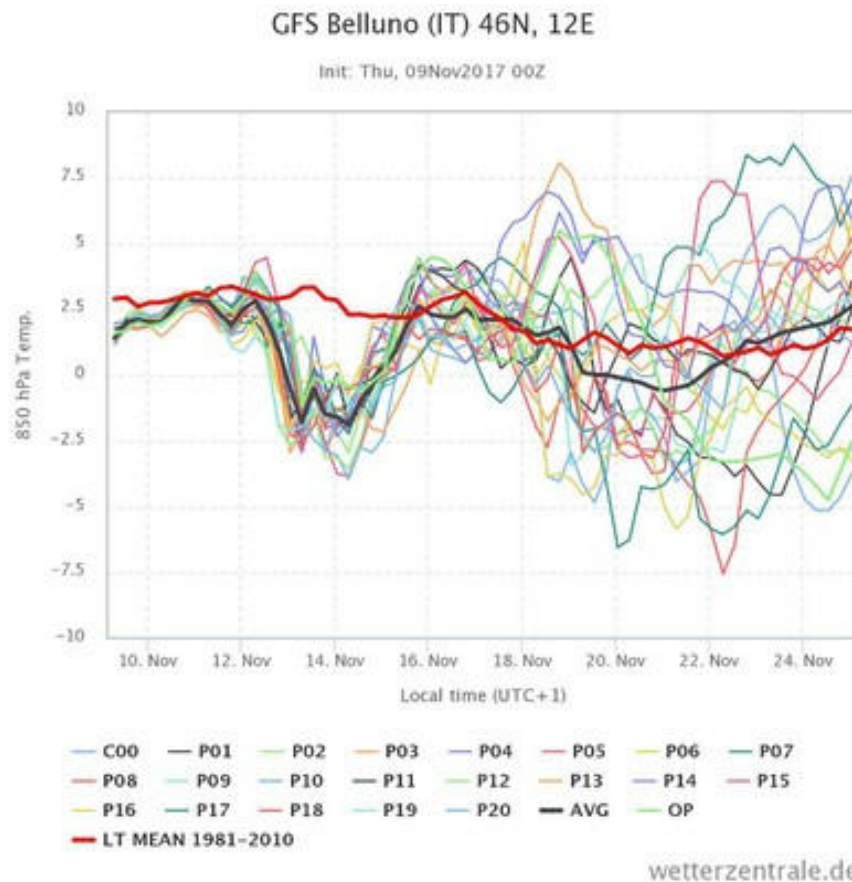


Attendibilità modellistica sul lungo periodo (10 giorni)

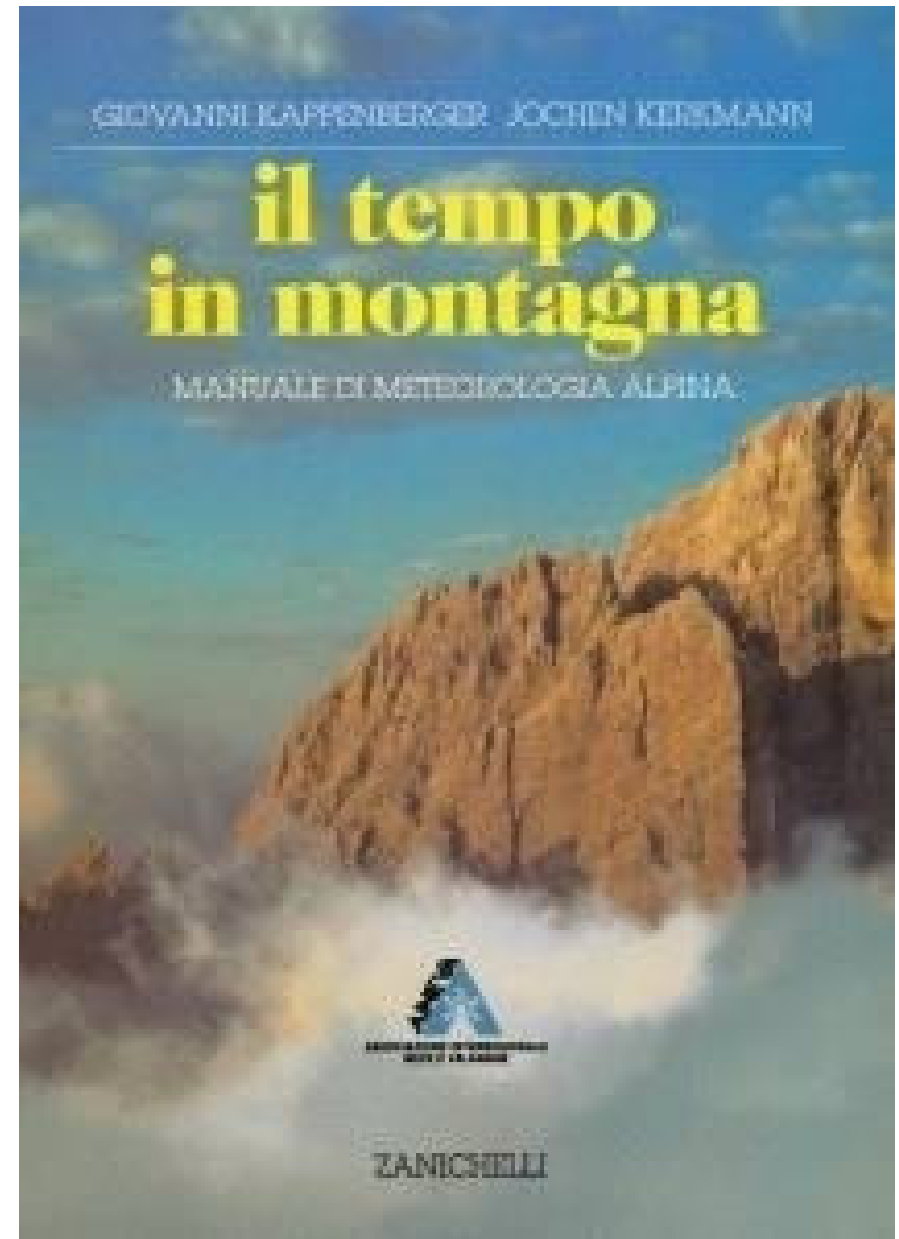
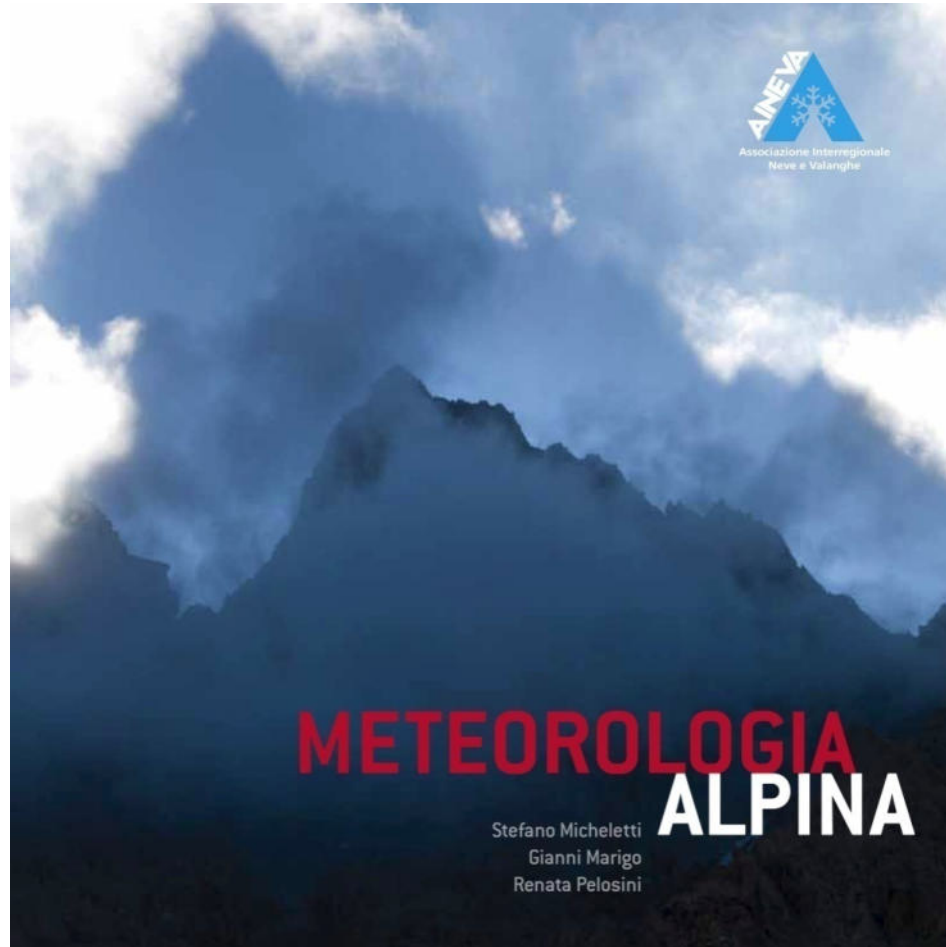




# Il metodo Ensemble



- Attraverso il metodo Ensemble è possibile definire un grado di attendibilità di un modello.
- Maggiore è la divergenza degli spaghetti nel confronto tra clusters dello stesso modello, minore è l'attendibilità della previsione.





Link utili:

Bollettini:

<https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/bollettini/meteo/dolomiti>

<https://meteo.provincia.bz.it/>

<https://www.meteotrentino.it/index.html#!/home?tab=2>

[https://www.arpa.piemonte.it/rischi\\_naturali/snippets\\_arpa/meteo/](https://www.arpa.piemonte.it/rischi_naturali/snippets_arpa/meteo/)

<https://cf.regione.vda.it/>

<https://www.arpalombardia.it/temi-ambientali/meteo-e-clima/bollettini-meteorologici/meteo-lombardia/>

<https://www.osmer.fvg.it/home.php>

Link carte meteo:

[https://www1.wetter3.de/animation\\_dt.html](https://www1.wetter3.de/animation_dt.html)

<https://charts.ecmwf.int/>

<https://www.meteociel.fr/>



**Grazie per l'attenzione**

