



Meteorologia alpina



Avvertenze:

Questa lezione è stata realizzata in modo amatoriale per illustrare le diverse problematiche della neve e della previsione valanghe

La trattazione è semplificata per facilitare l'apprendimento nel percorso formativo PFC-S del corso maestri dello sci alpino 2026

Gianni Marigo, è direttore del Centro Valanghe di Arabba e dell'ufficio meteorologia di ARPA Veneto

Mauro Valt
Mauro.valt@gmail.com



METEOROLOGIA ALPINA INVERNALE E PREVISIONI DEL TEMPO IN MONTAGNA

GIANNI MARIGO
UFFICIO METEOROLOGIA ALPINA – CENTRO VALANGHE DI ARABBA
Mauro Valt



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 nevicate**

LE PREVISIONI METEOROLOGICHE

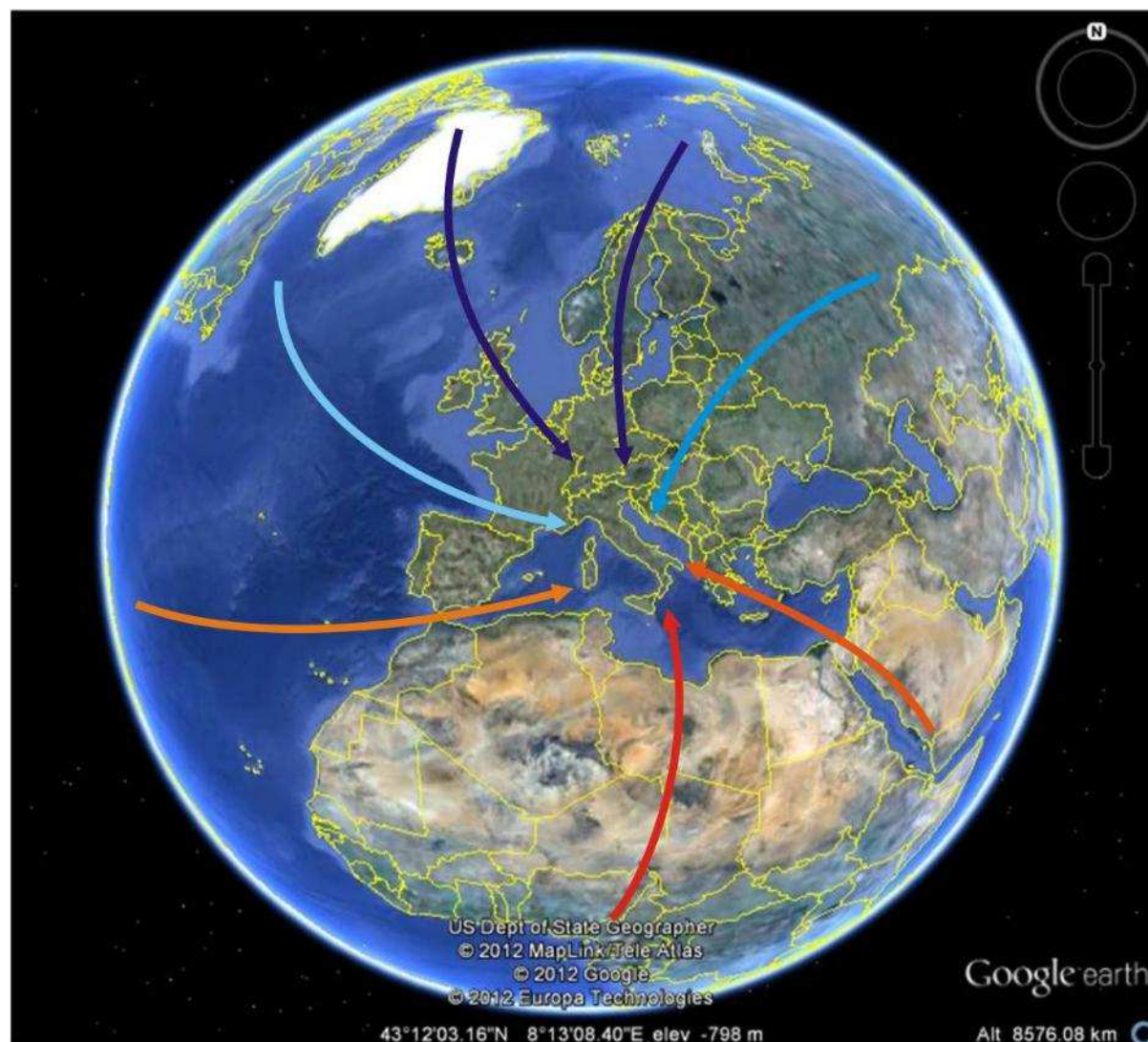


Le situazioni meteorologiche sulle Alpi

- ✓ 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:

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

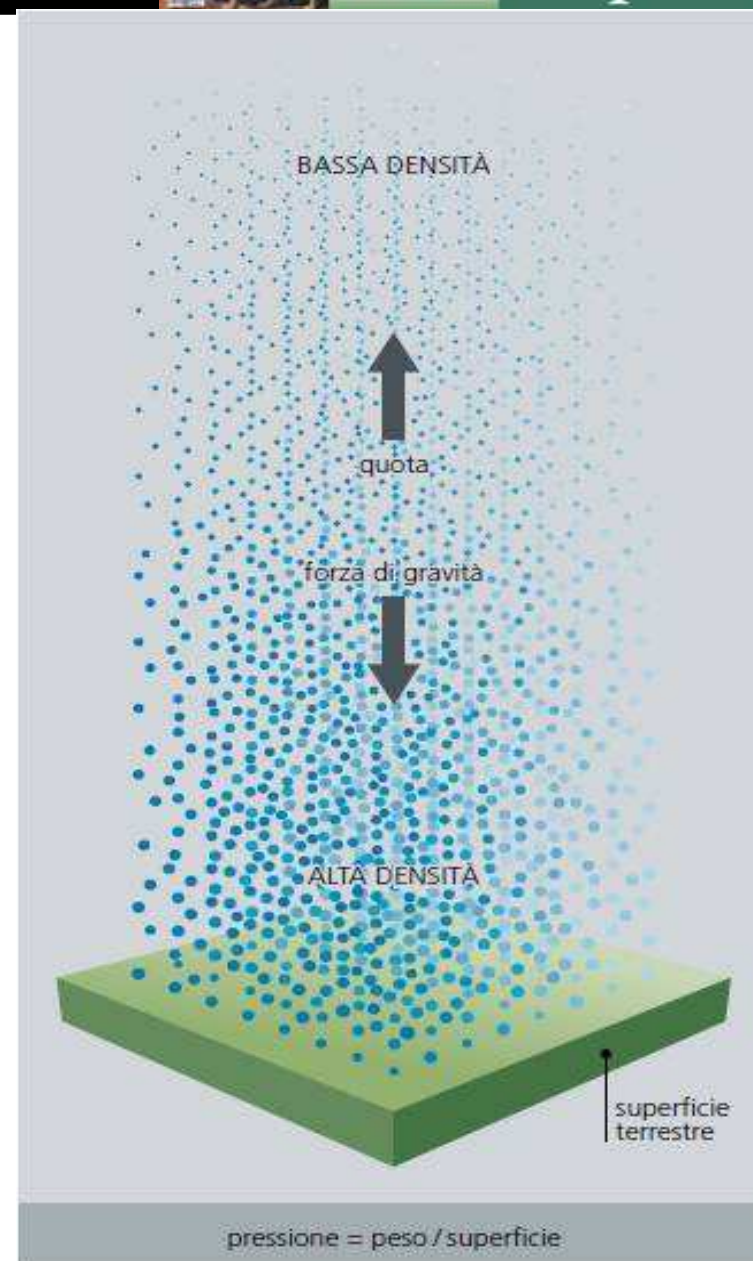
La pressione **decresce con la quota** non linearmente.

Ma con buona approssimazione si può dire che:

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

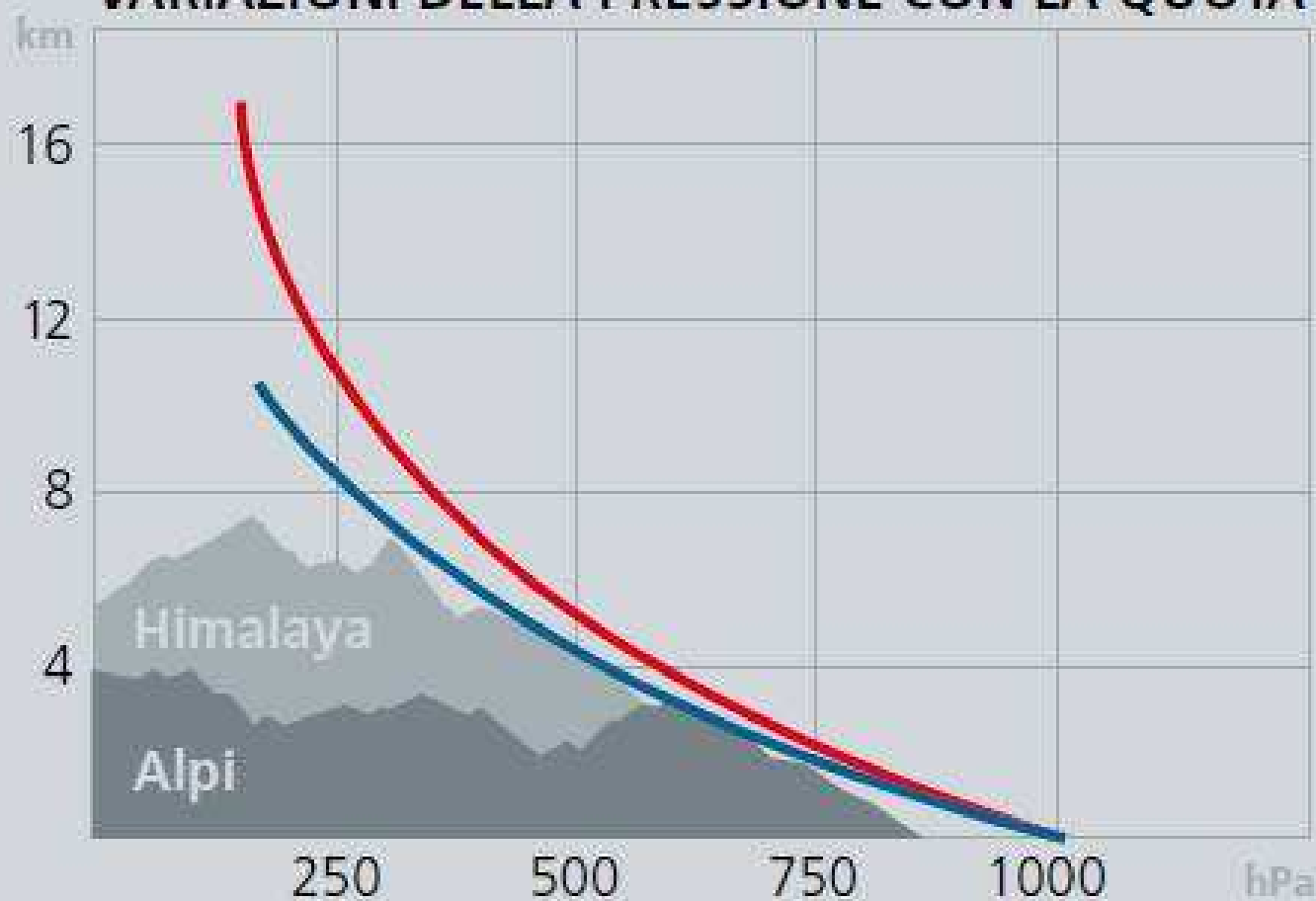
tra 1000 e 3000 metri la pressione decresce di 1 hPa ogni 10 metri

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



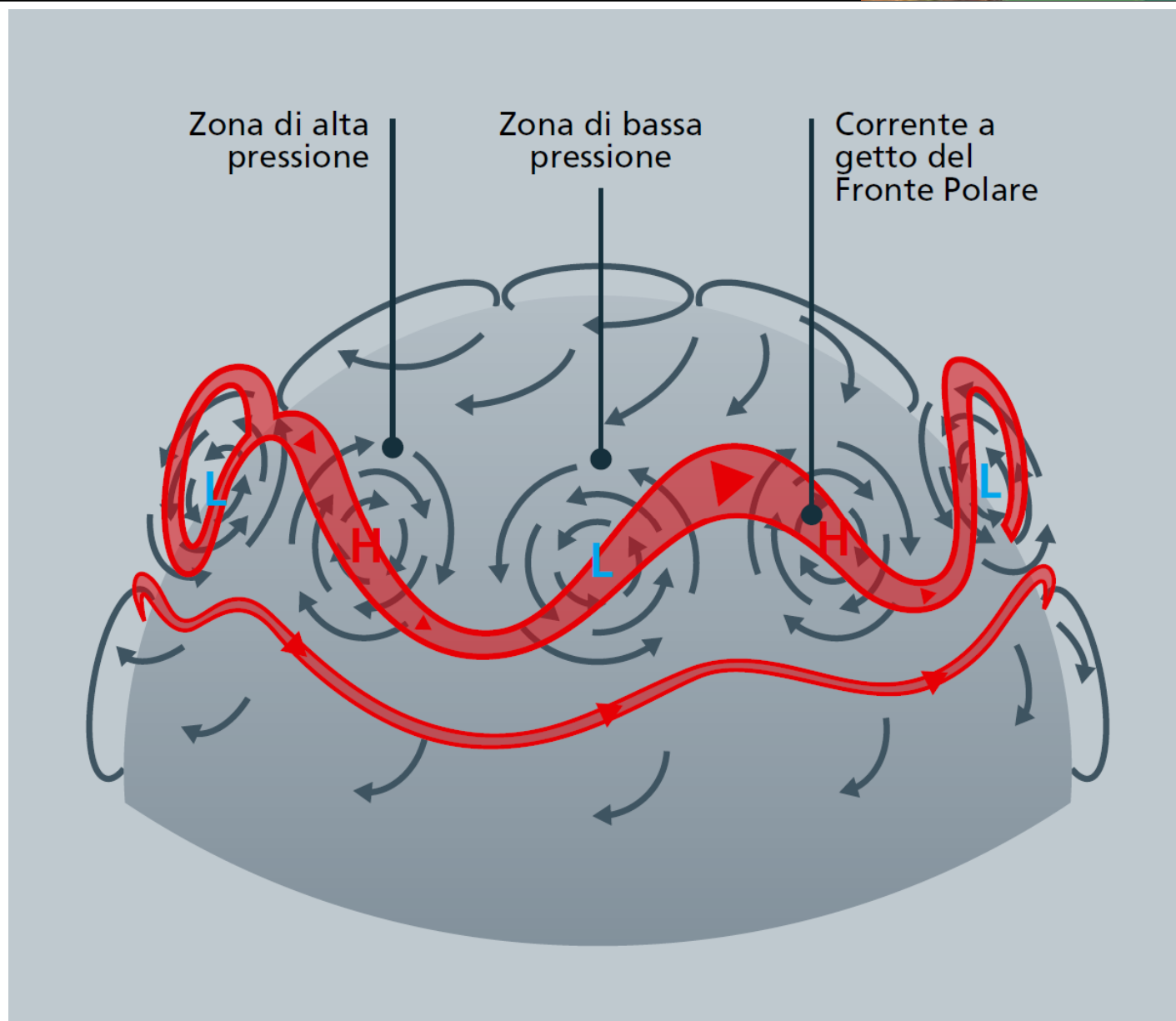


VARIAZIONI DELLA PRESSIONE CON LA QUOTA



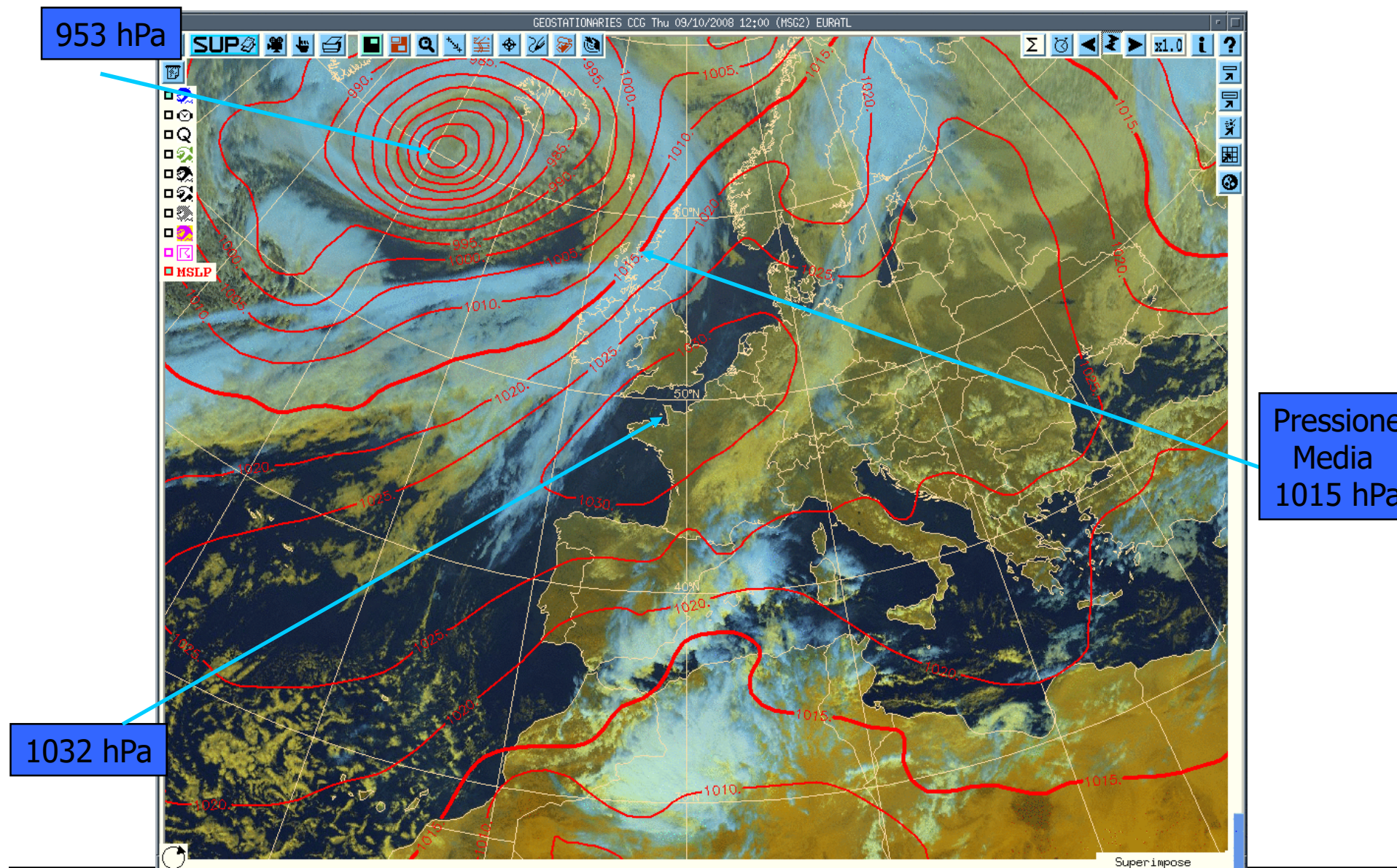
— aria calda

— aria fredda





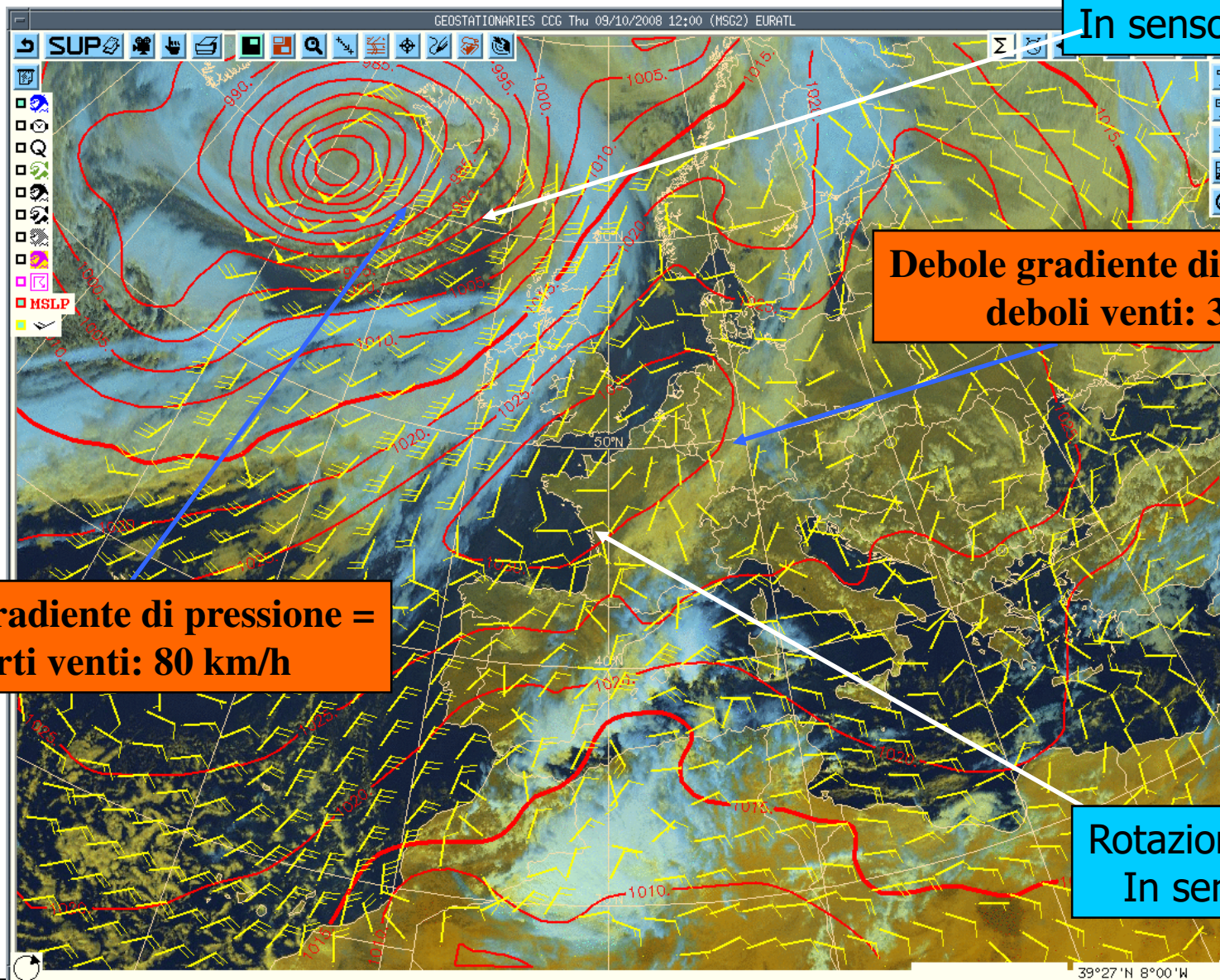
ALTA PRESSIONE O BASSA PRESSIONE





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

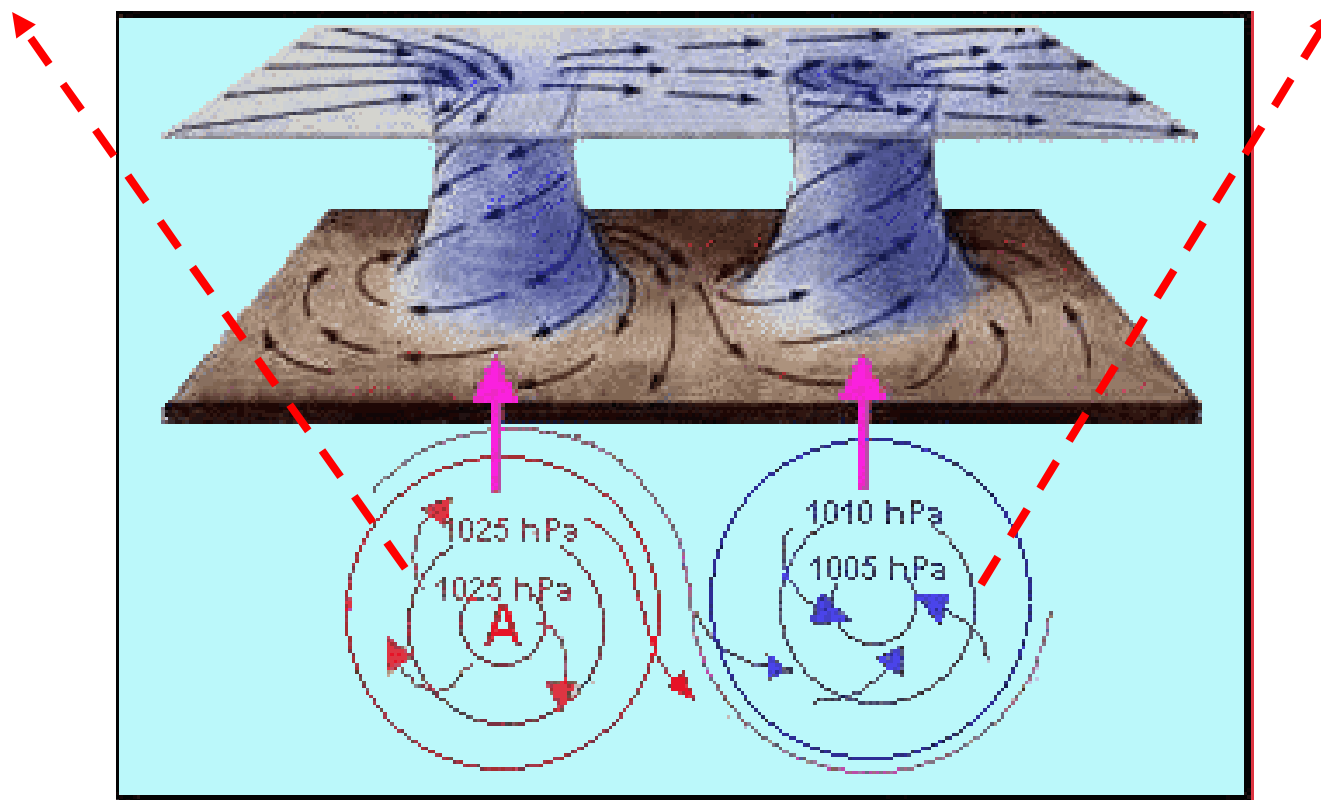
Rotazione dei venti
In senso orario

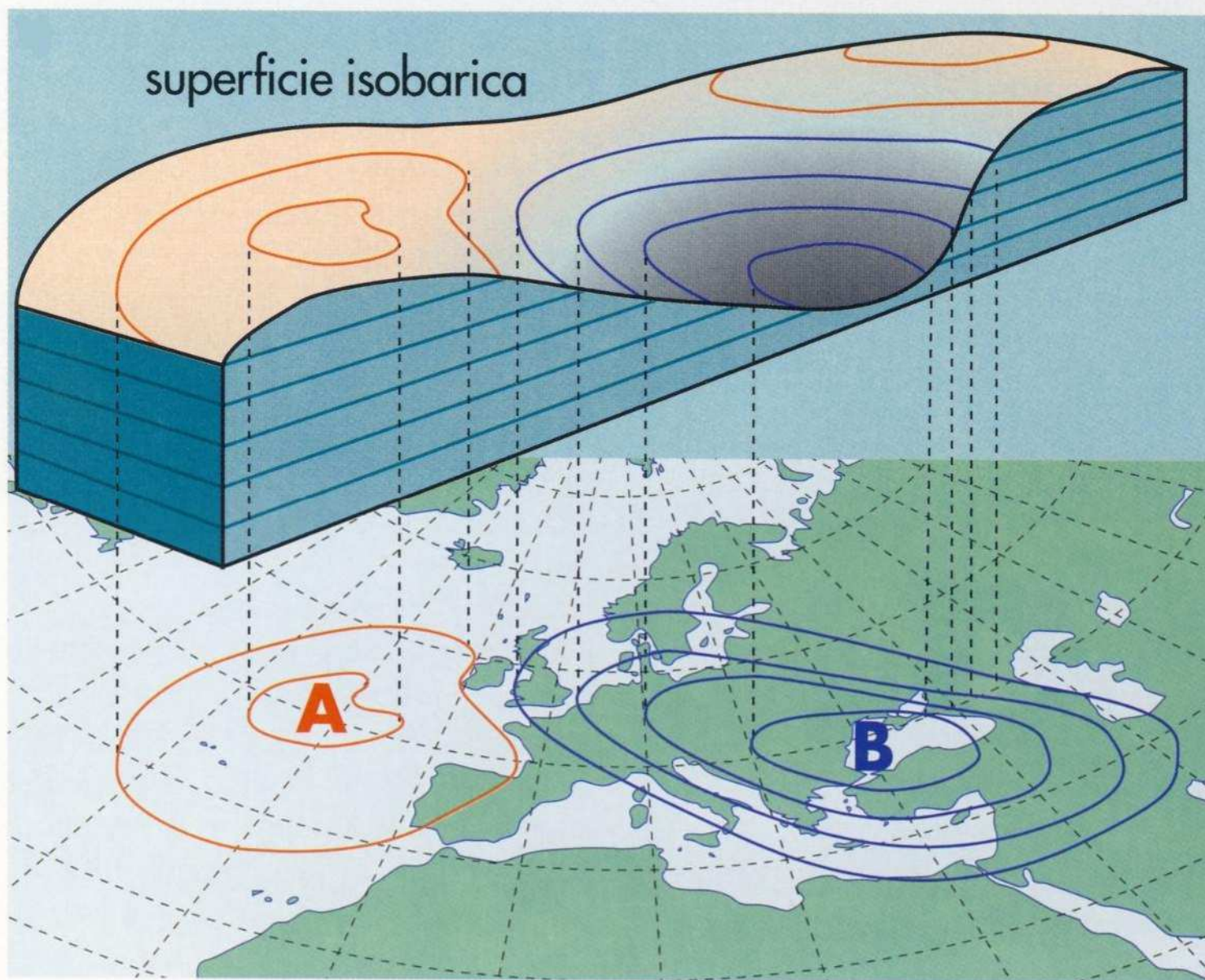


ANTICICLONE E DEPRESSIONE CIRCOLAZIONE TRIDIMENSIONALE

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

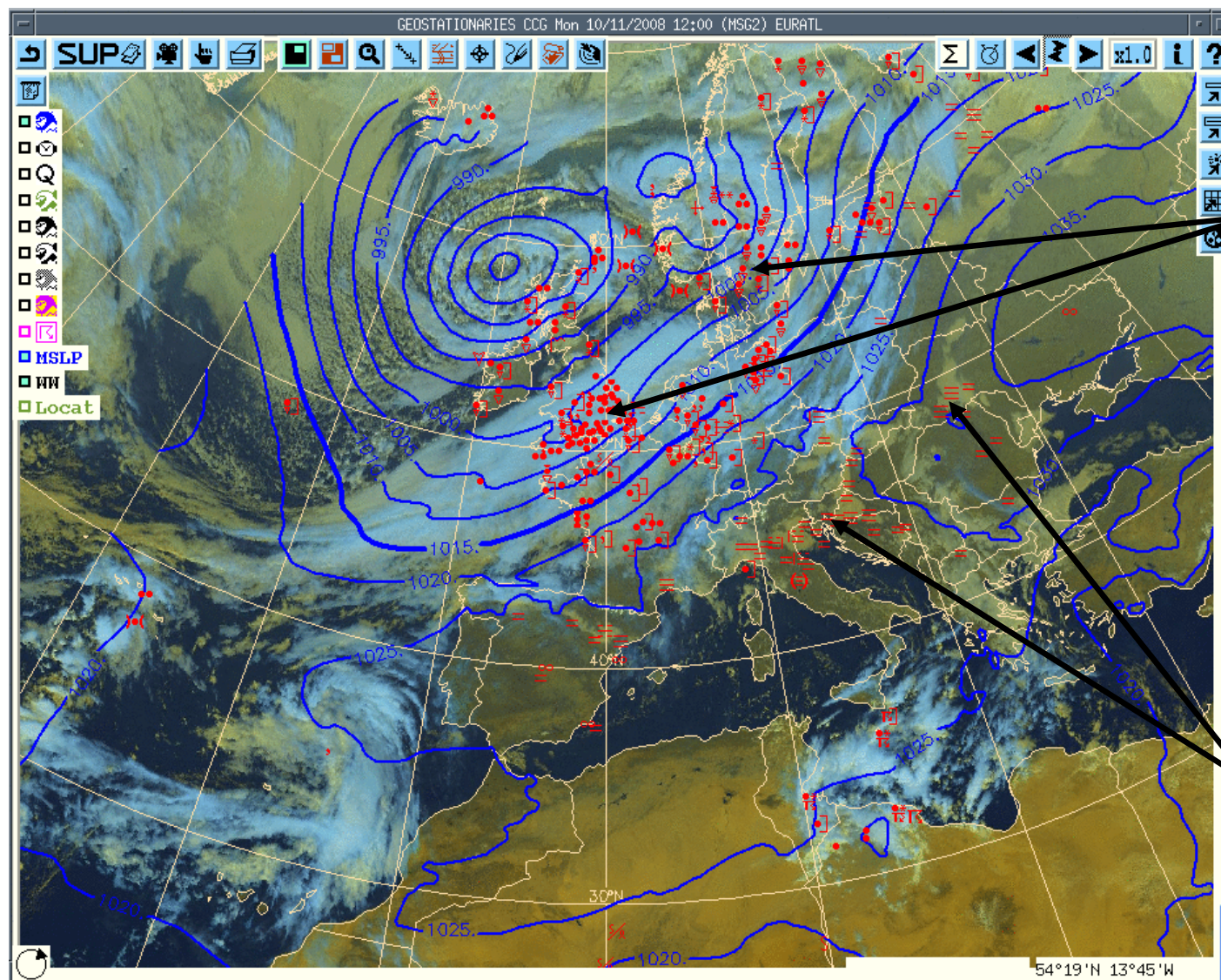
DEPRESSIONE = CONVERGENZA NEI BASSI STRATI ATMOSFERICI E MOTO VERTICALE VERSO L'ALTO DELL'ARIA IN SENSO ANTI ORARIO; INFINE DIVERGENZA IN ALTA QUOTA







Il tempo collegato (non sempre)

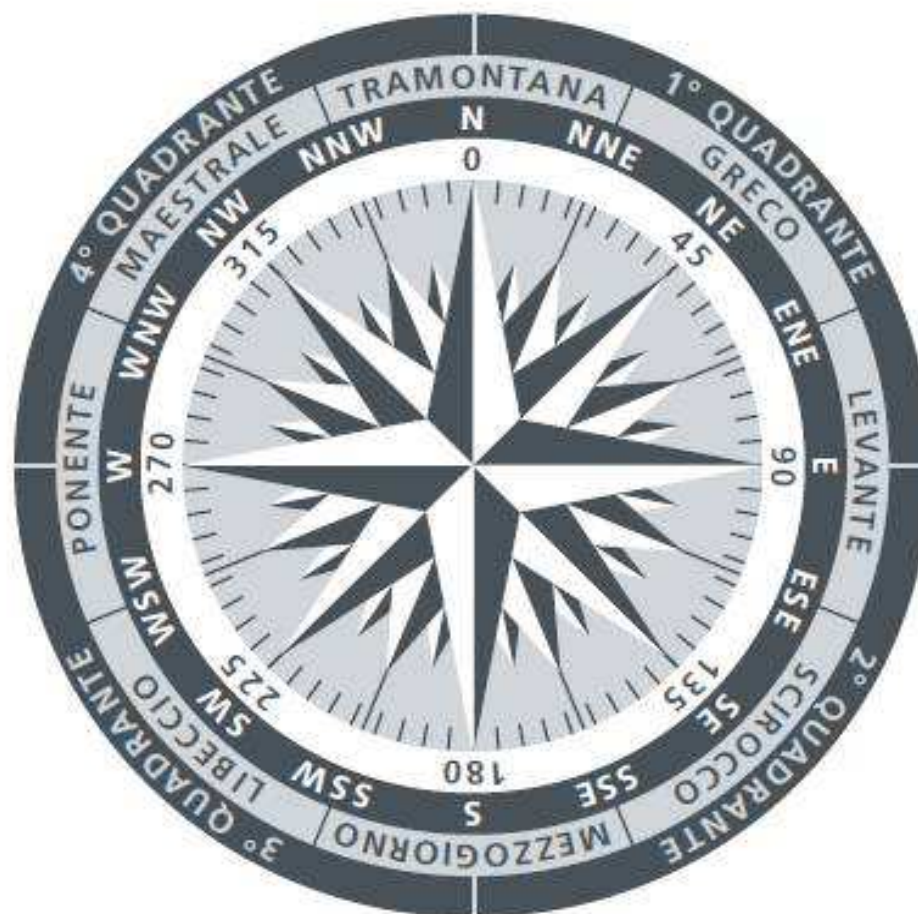


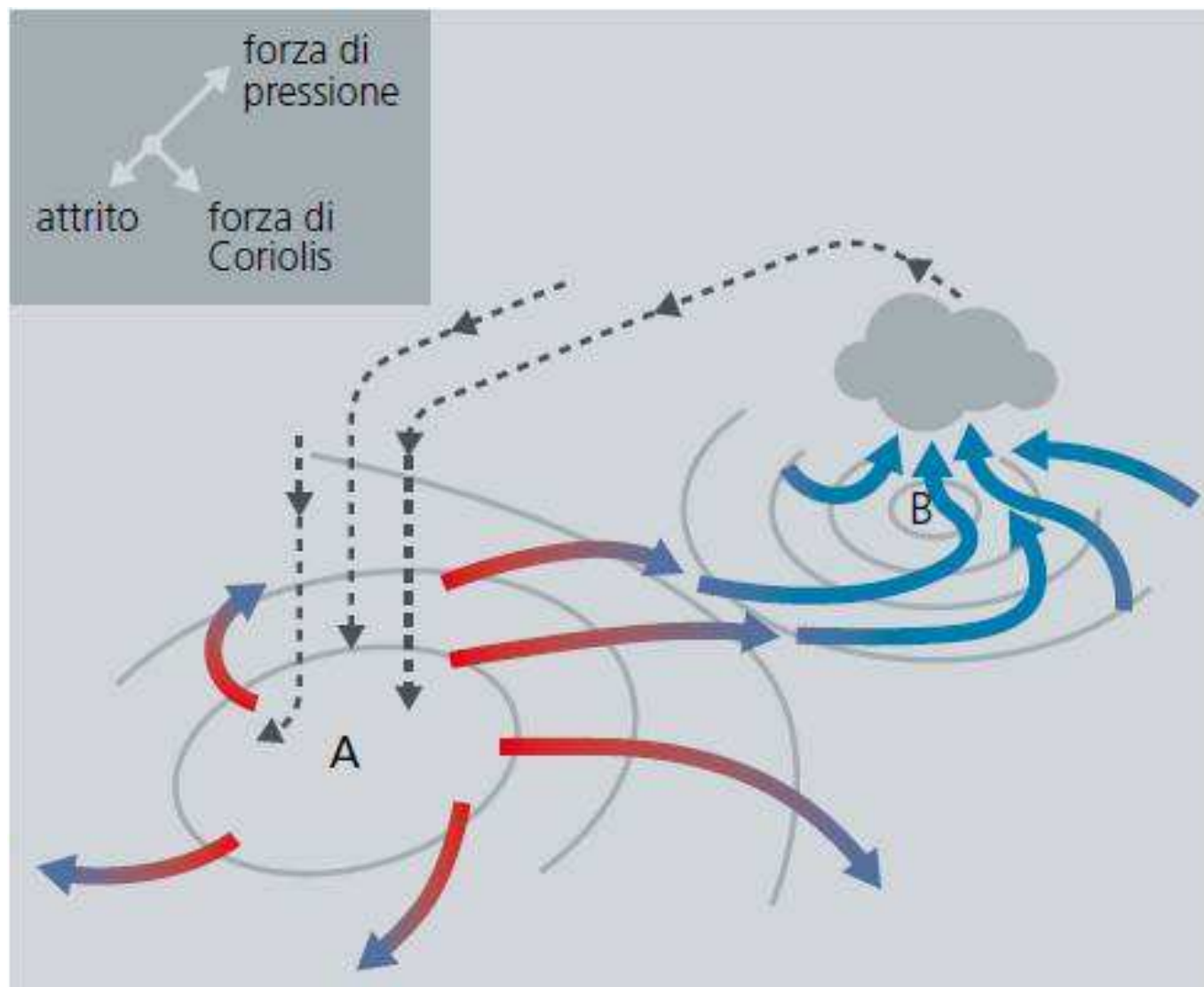
BASSA PRESSIONE
Simbolo delle piogge
e dei rovesci

ALTA PRESSIONE
Simbolo delle nebbie
o nubi basse



IL VENTO

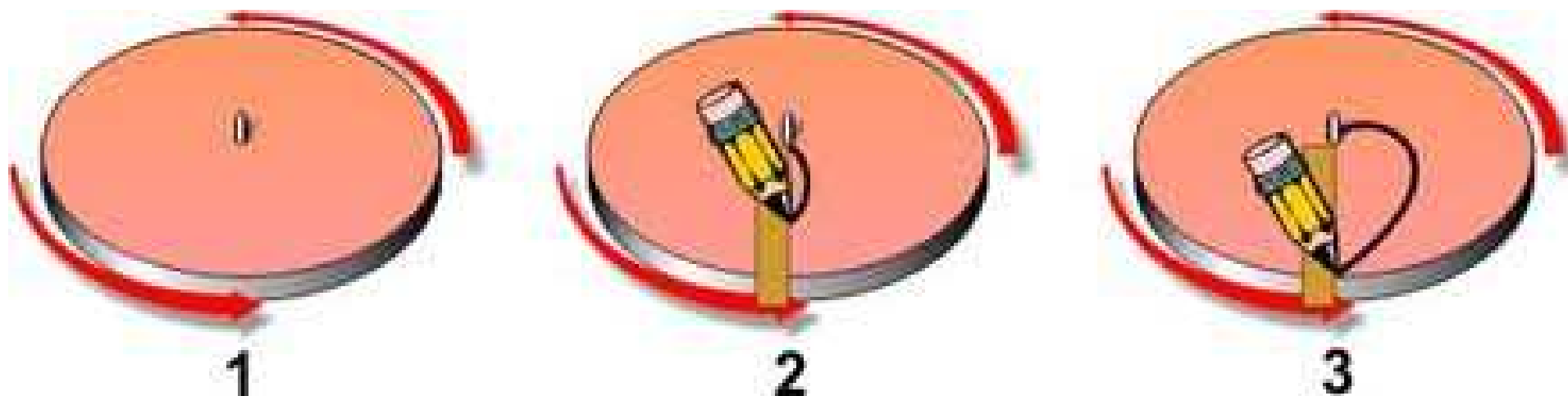




Il vento è il **movimento** di una massa d'aria che si muove da una zona di alta pressione (relativa) verso una zona di bassa pressione (relativa).



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

Wind-chill

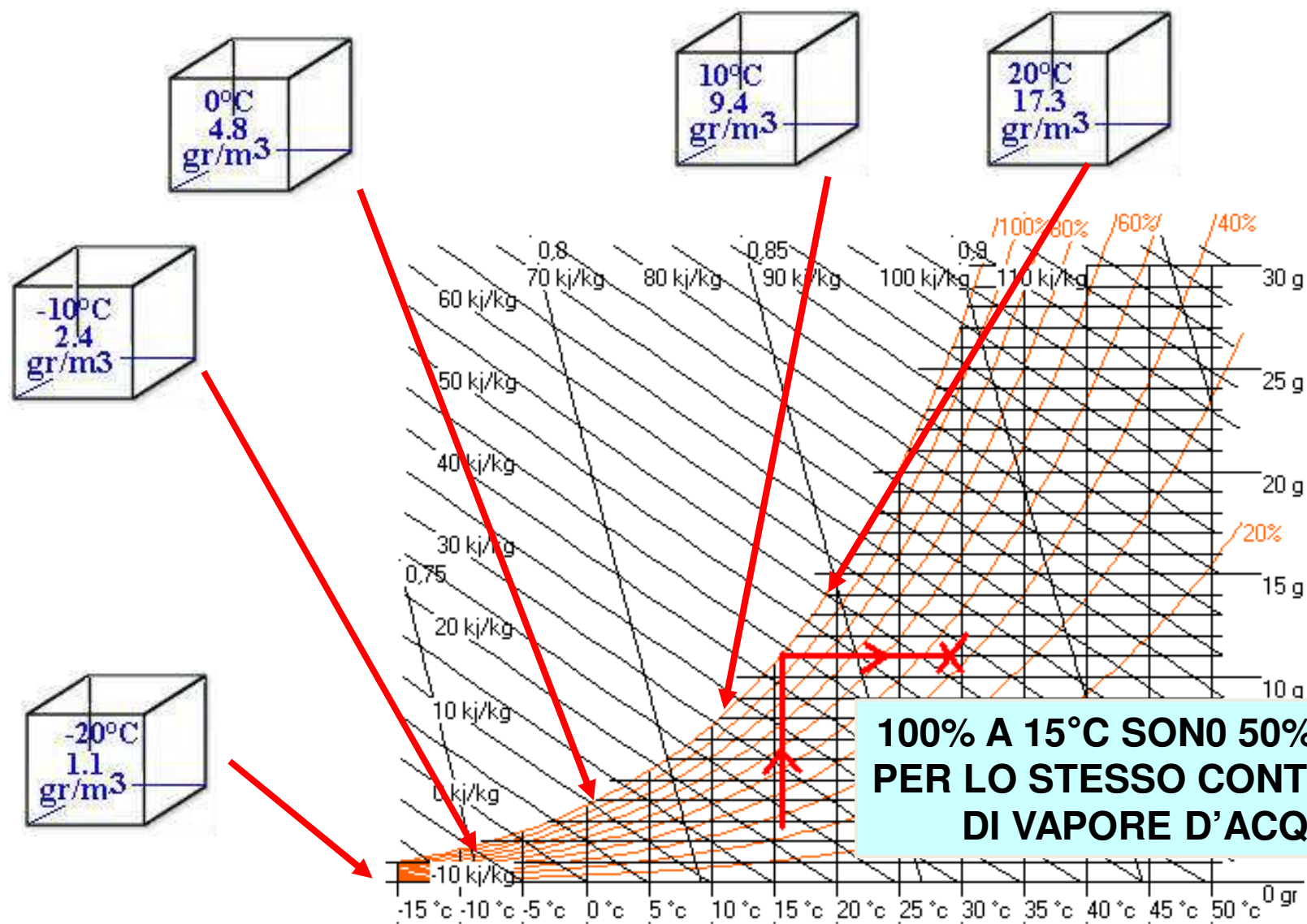
- Il wind chill esprime il potere raffreddante del vento e quindi la capacità di togliere calore al corpo umano.

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.

Umidità dell'aria

Qua



L'UMIDITÀ DELL'ARIA

L'UMIDITÀ ASSOLUTA

L'Umidità Assoluta rappresenta il **reale contenuto d'acqua** dell'atmosfera ed è espressa in grammi di H₂O per metro cubo di atmosfera.

- PIÚ L'ARIA È FREDDA MINORE SARÀ IL SUO CONTENUTO IN VAPORE D'ACQUA (in assoluto)
- PIÚ 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 ³ 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, gr/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%.



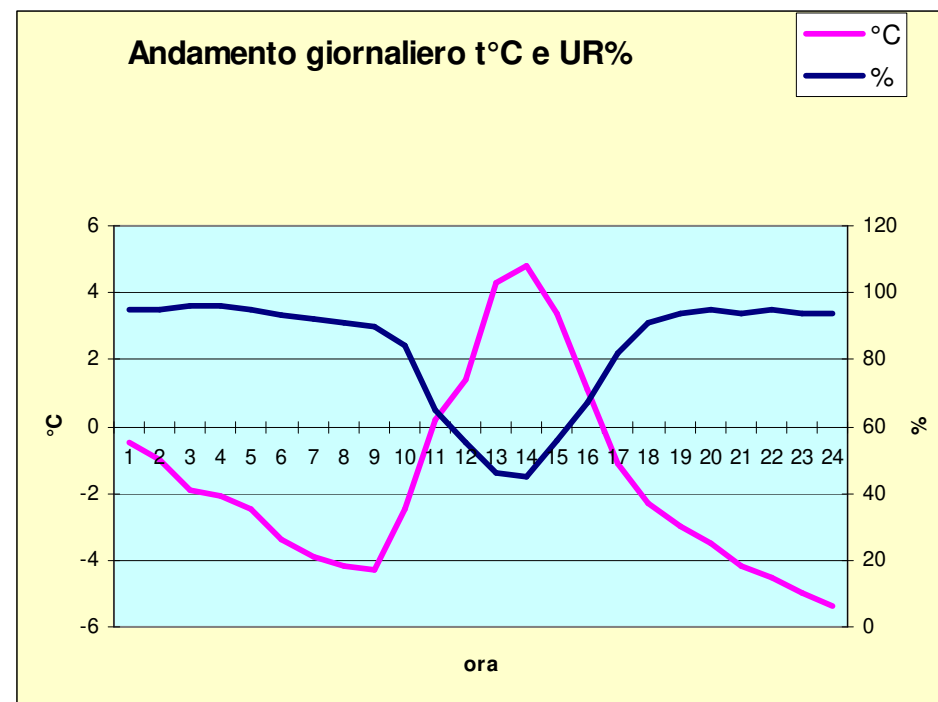


Temperatura e Umidità Relativa

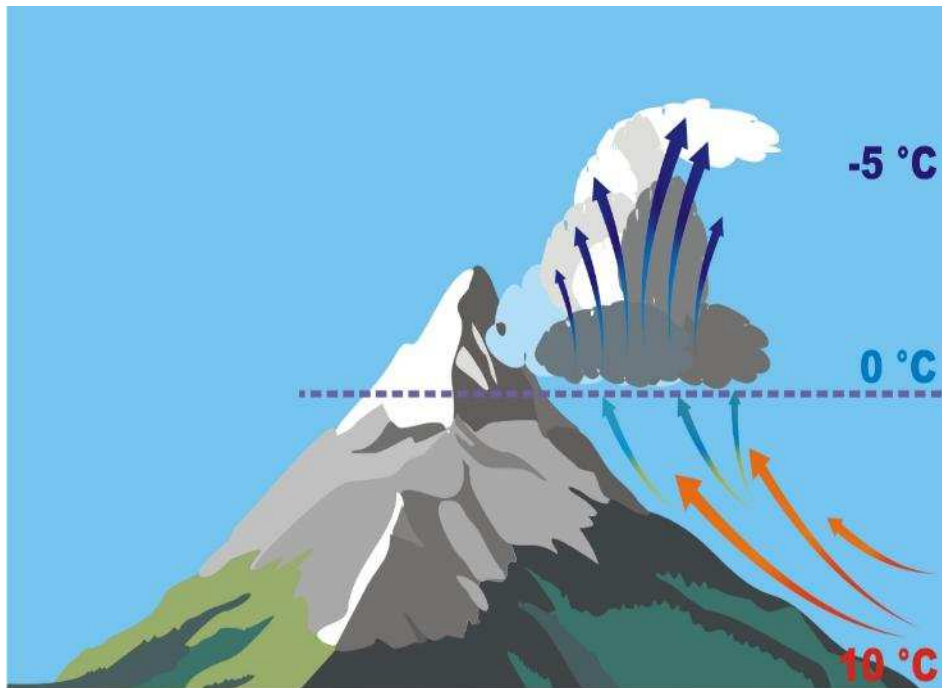
A pressione costante la Temperatura e l'Umidità Relativa hanno andamenti opposti.

All'aumentare della T °C diminuisce l'UR %, e viceversa al diminuire della T °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 (processi fisici complessi)

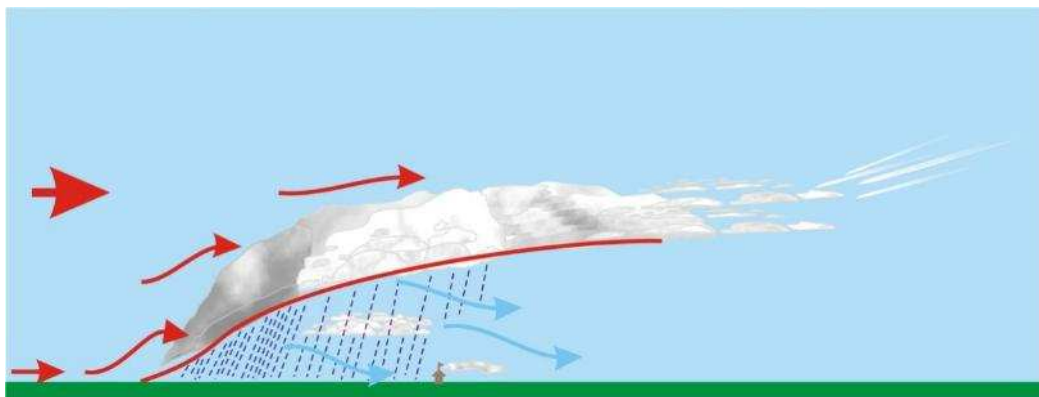
Il cado della terra è dato dal calore geotermico, più mi allontano dalla terra, meno è la sua influenza

I tipi di precipitazione

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

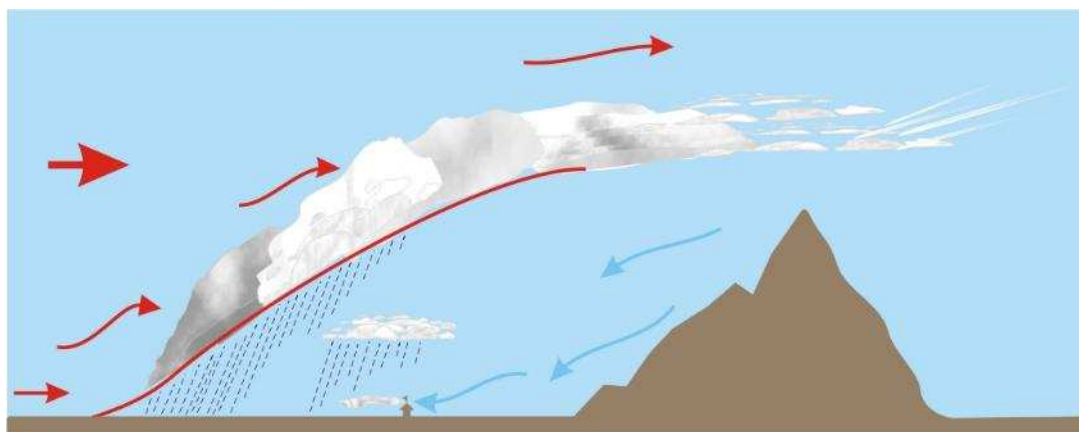
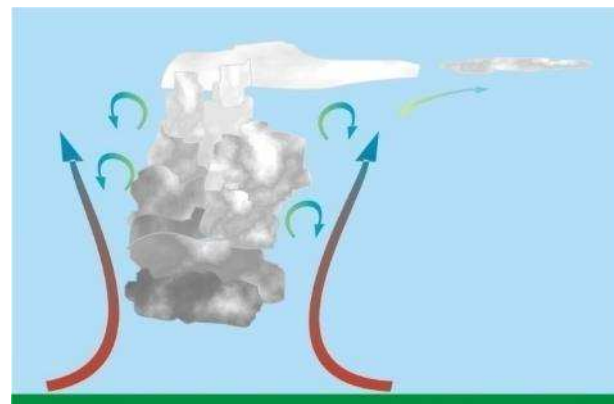
1. Frontale (fronte freddo o caldo)
2. Convettiva (temporale)
3. Orografica (Stau)





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

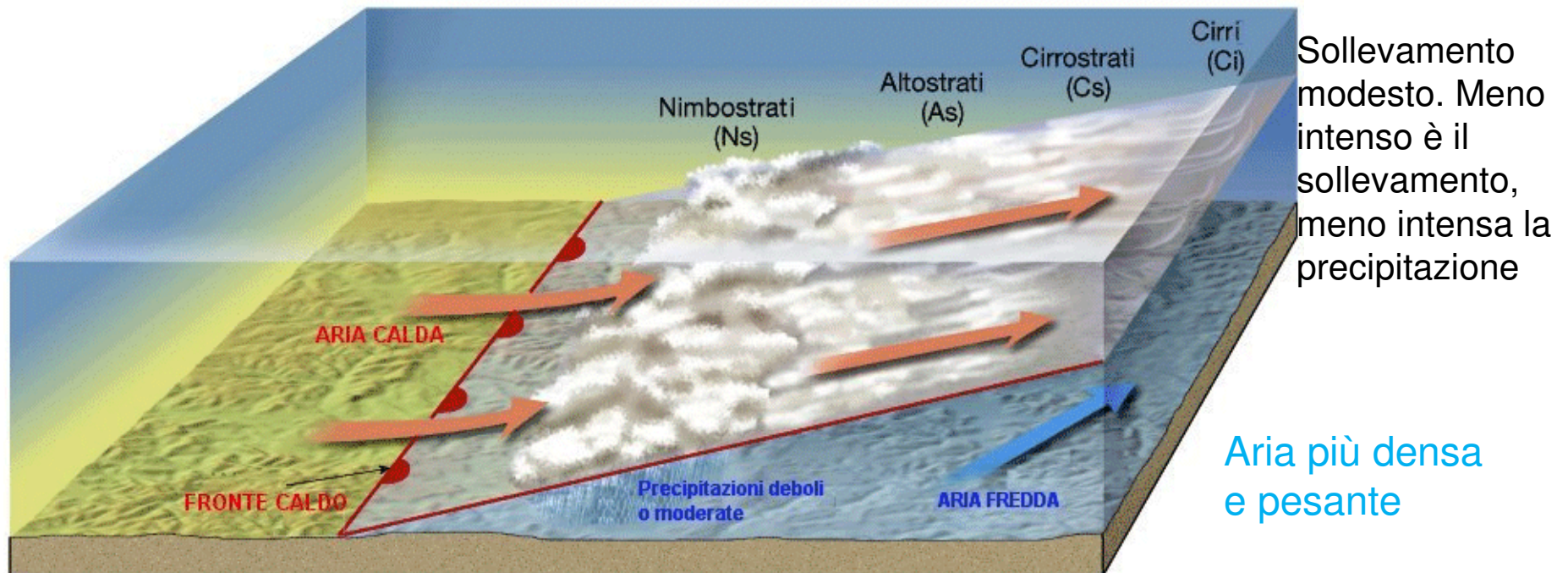
ASCESA TERMICA CONVETTIVA
minuti o poche ore



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

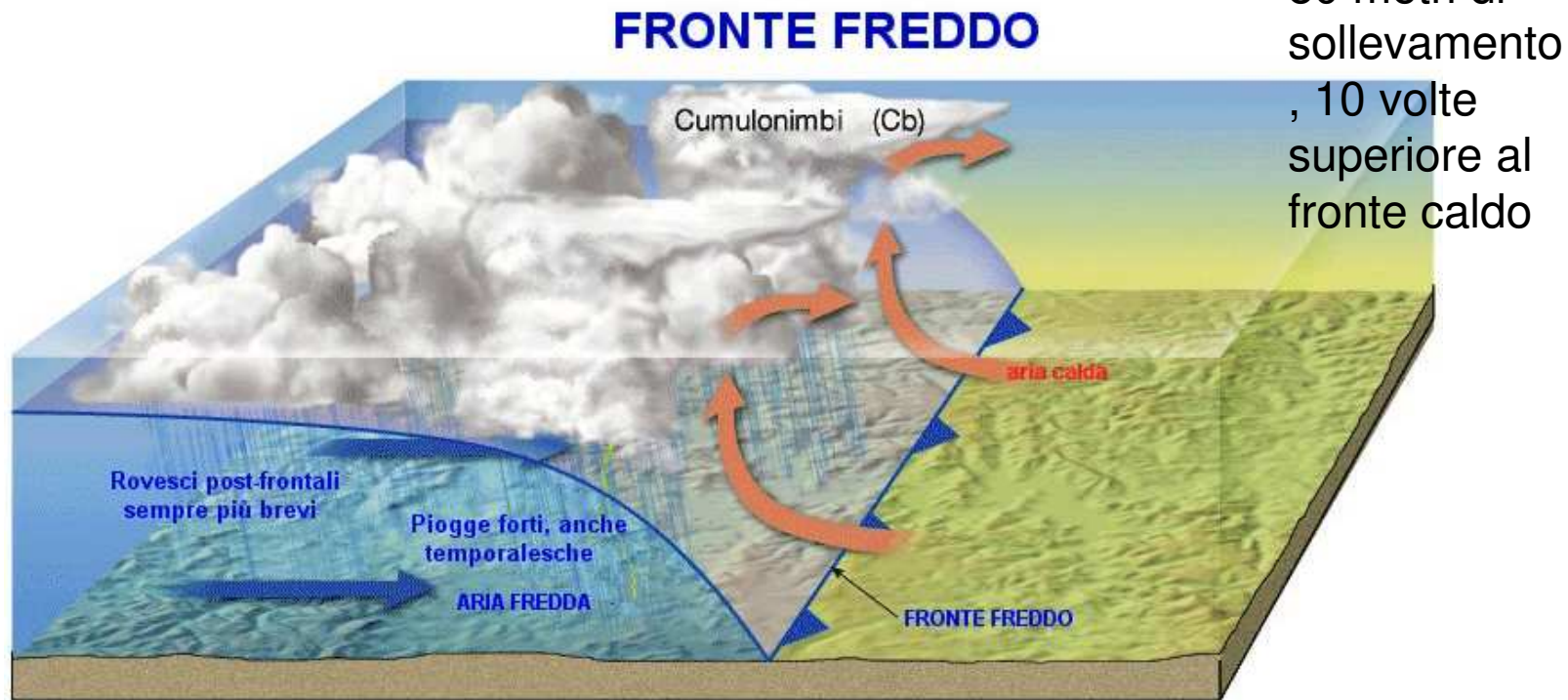
ILLUSTRAZIONE FRONTALE

FRONTE CALDO

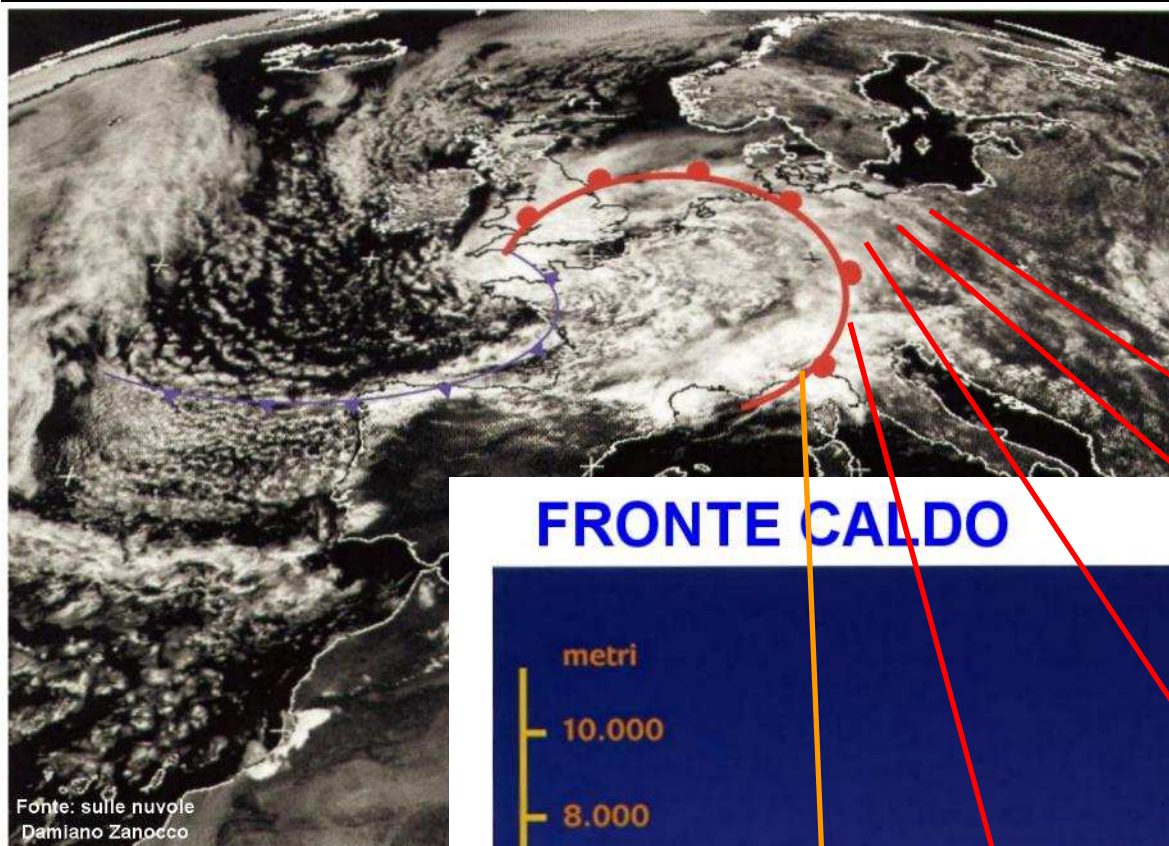


Nel caso di un fronte caldo, l'aria calda meno densa, tende a scivolare sopra l'aria fredda che incontra. In questo contesto l'aria calda ed umida sollevandosi si raffredda ed il vapore acqueo condensa producendo nubi e precipitazioni; si tratta di instabilità piuttosto «debole o moderata», più marcata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

ILLUSTRAZIONE FRONTALE



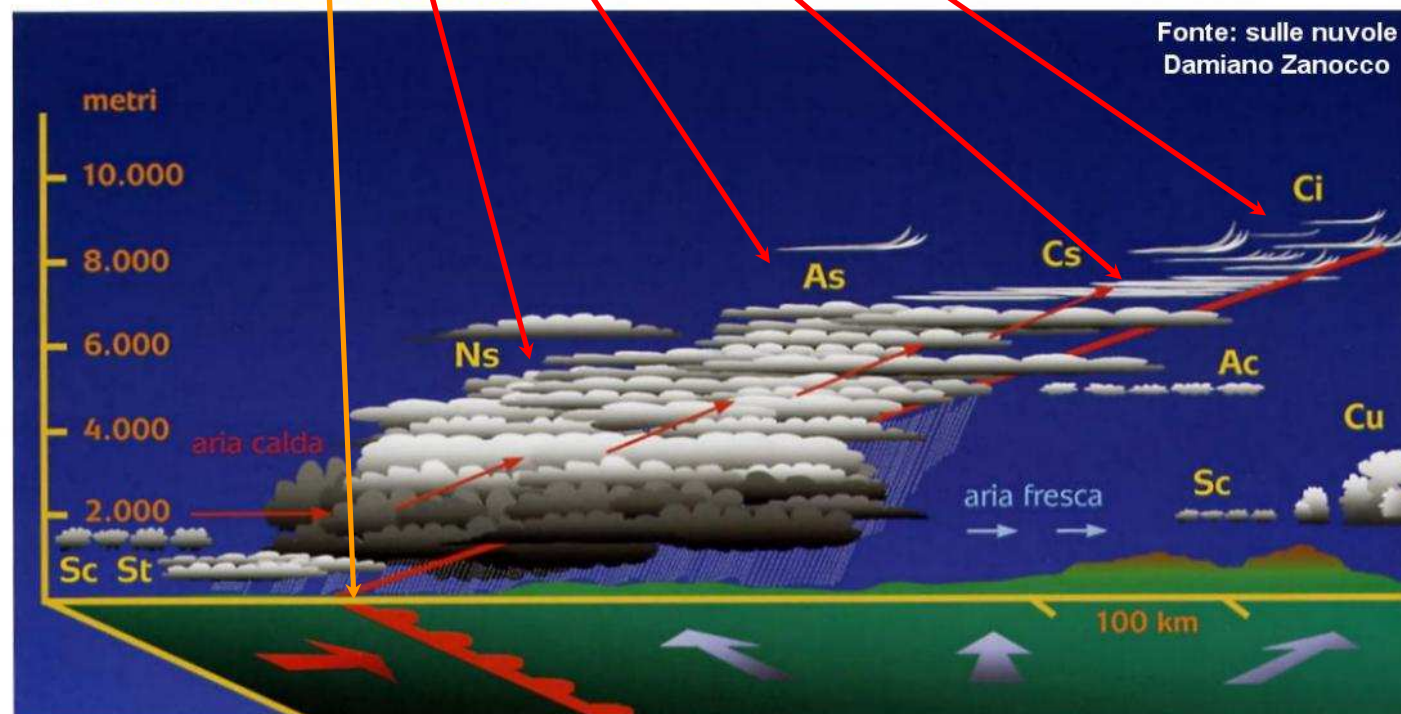
Nel caso di un fronte freddo, la massa d'aria che avanza s'incunea al di sotto di una massa calda ed umida sollevandola. L'aria calda di conseguenza si raffredda ed il vapore acqueo si condensa producendo nubi e precipitazioni. La pendenza del fronte freddo è tale che il processo ascendente è spesso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



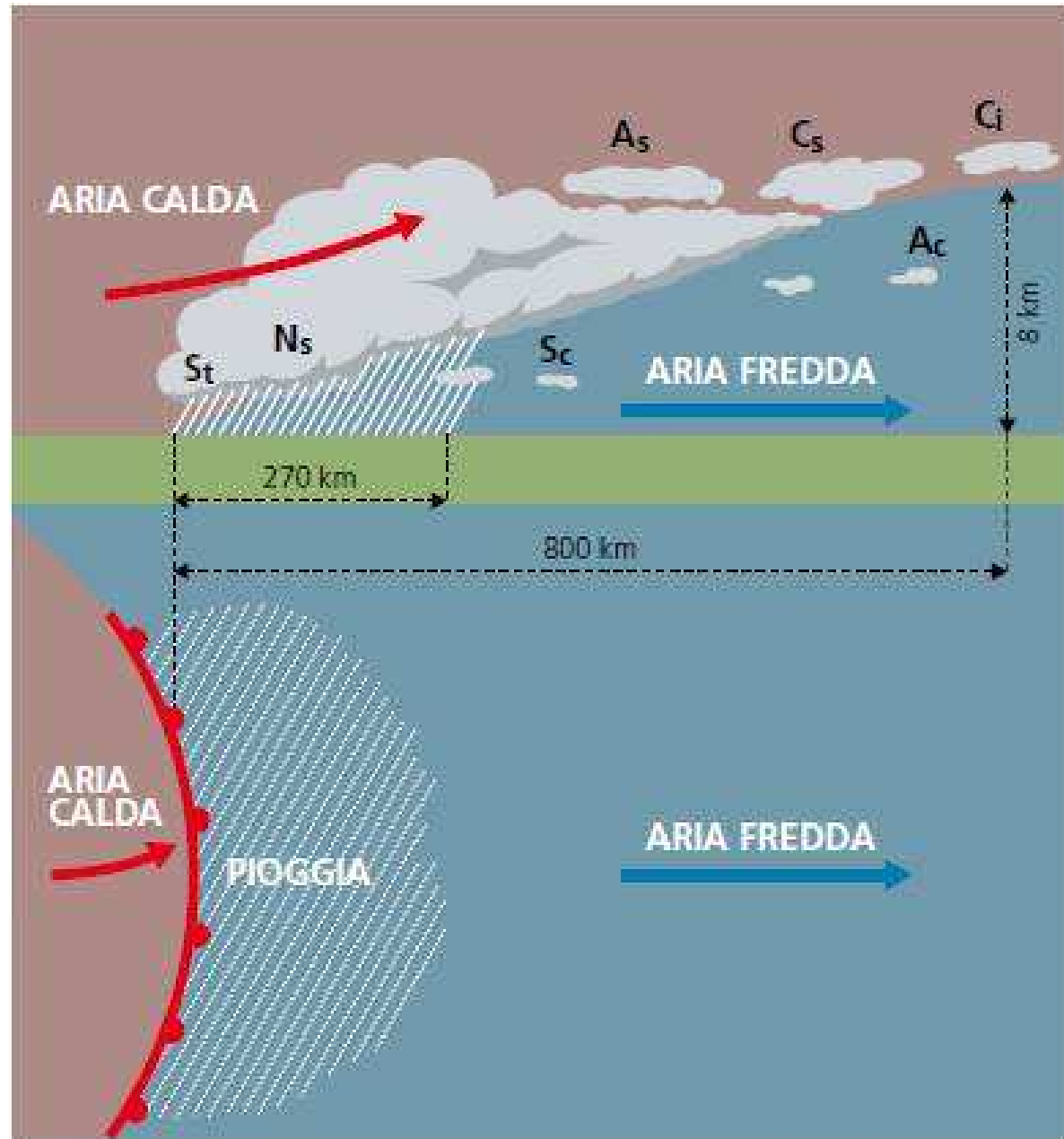
Fonte: sulle nuvole
Damiano Zanocco

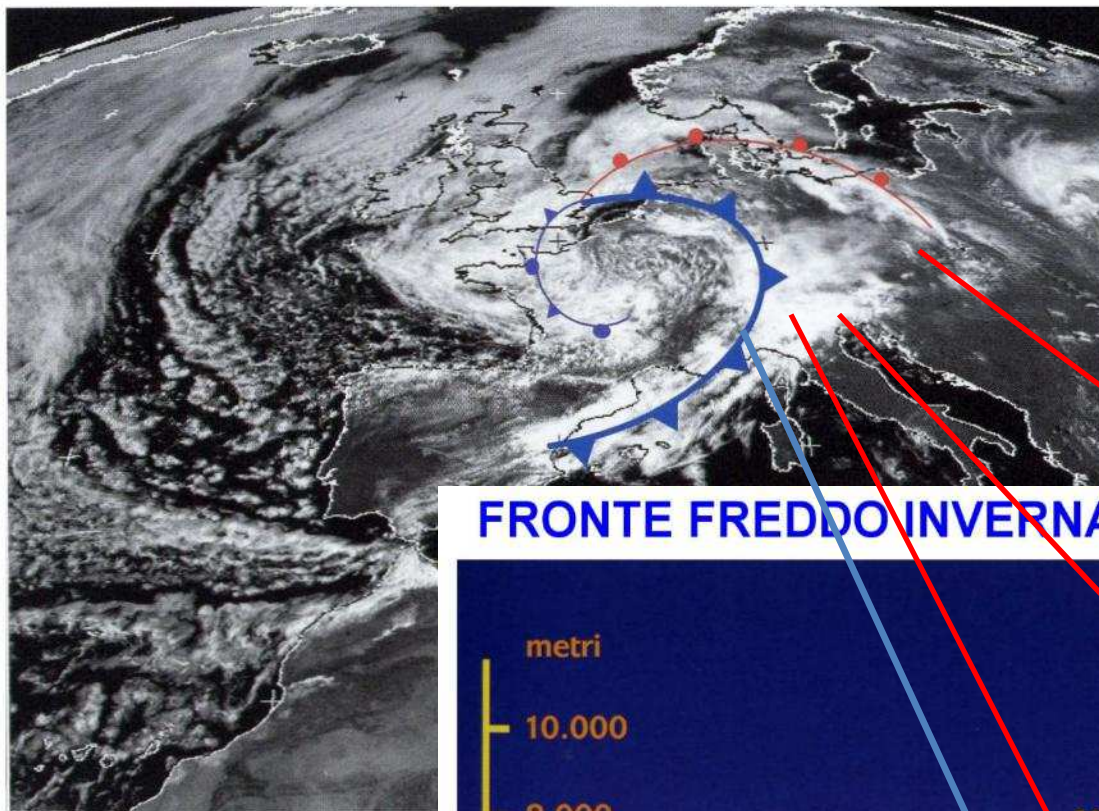
**LA PENDENZA DELLA
DISCONTINUITÀ FRONTALE
È DI 7 - 10 m/km**

FRONTE CALDO



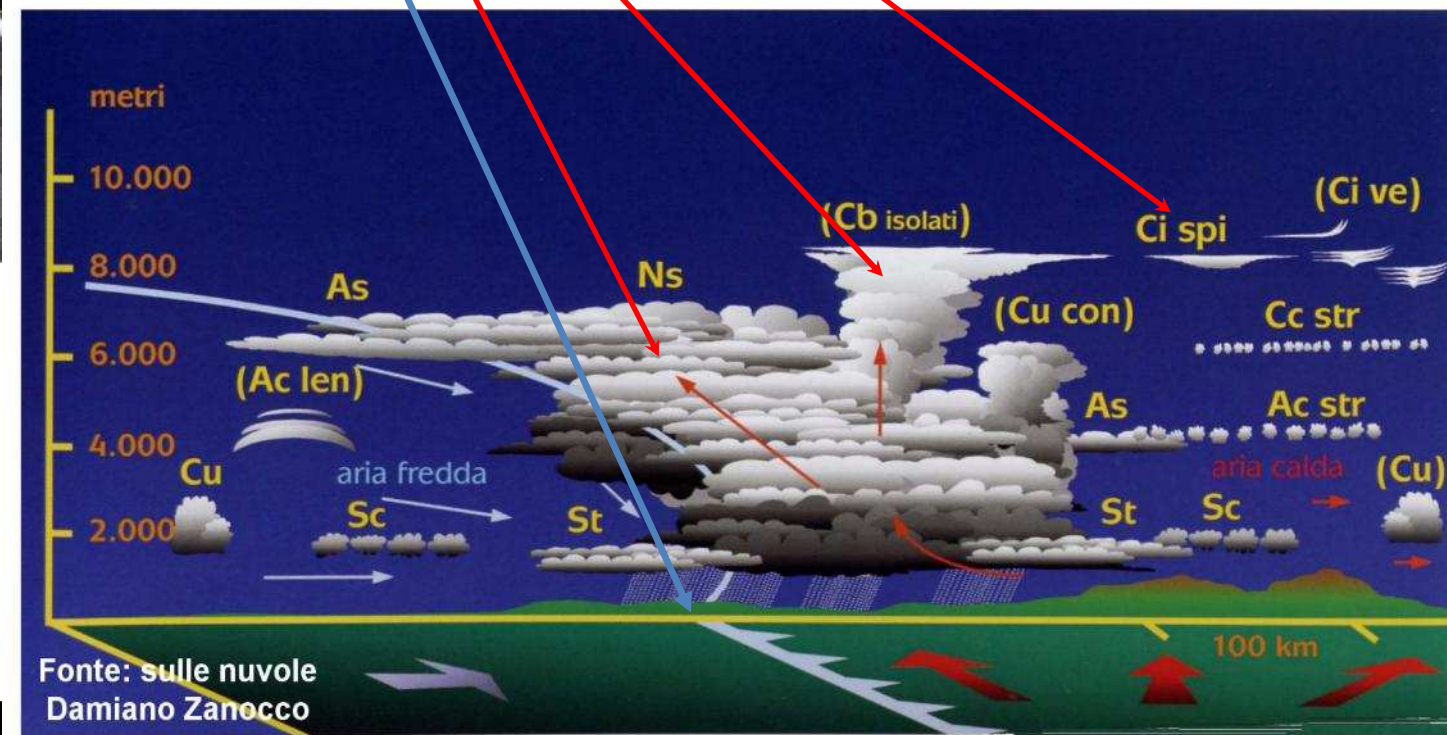
**Schema in
verticale e
proiezione in
pianta del
fronte caldo**



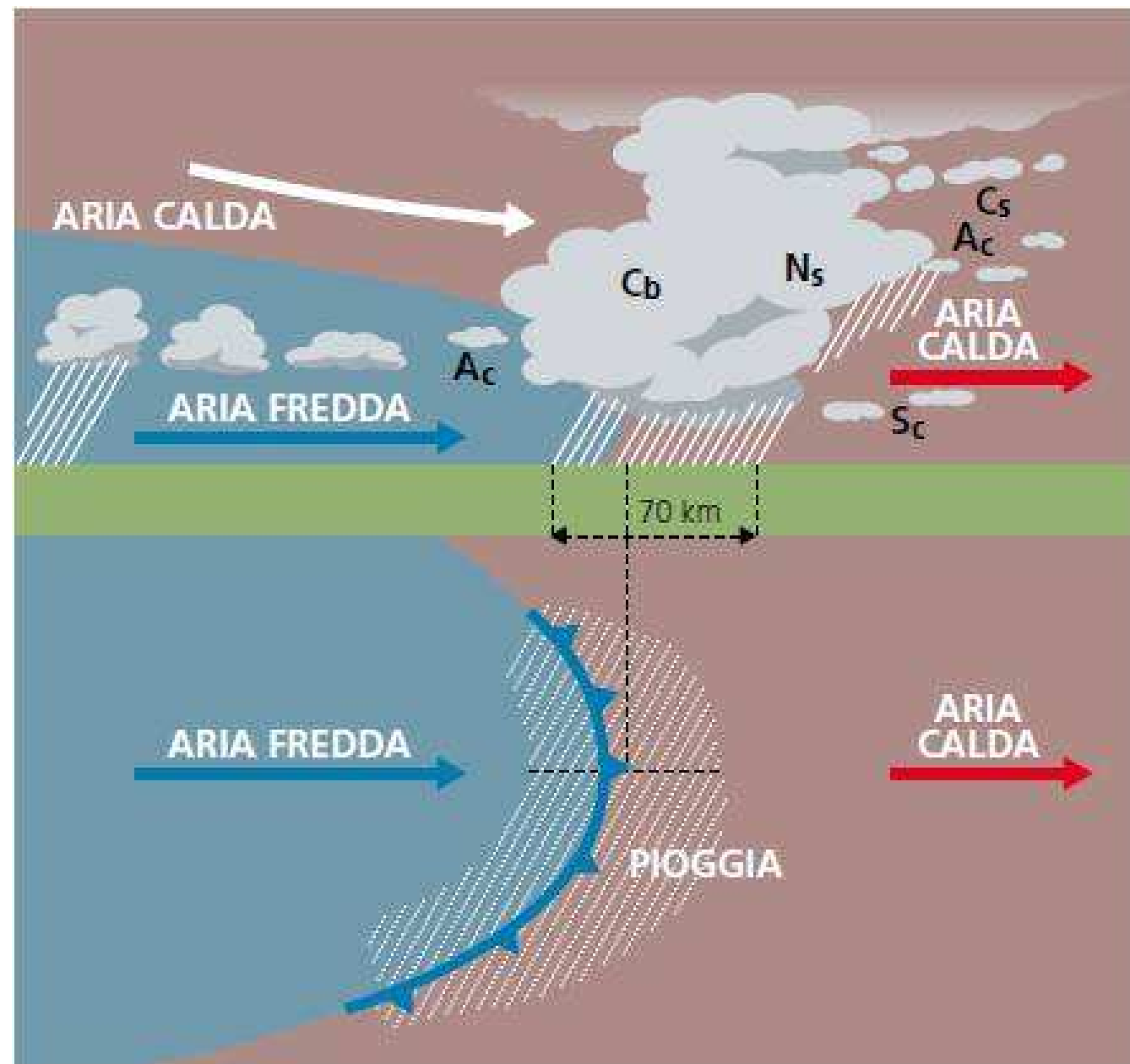


**LA PENDENZA DELLA
DISCONTINUITÀ FRONTALE
È DI 60 - 80 m/km**

FRONTE FREDDO INVERNALE



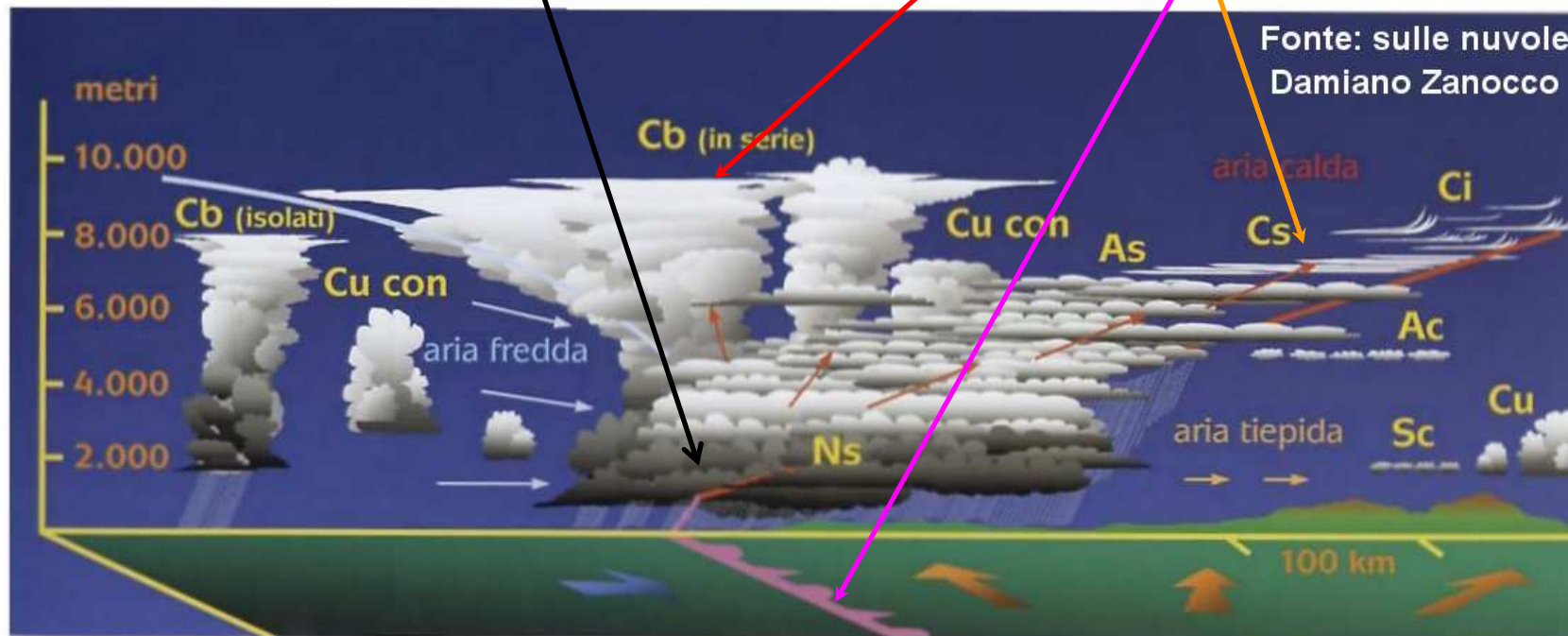
Schema
in
verticale
e
proiezion
e in
pianta del
fronte
freddo



FRONTE OCCLUSO

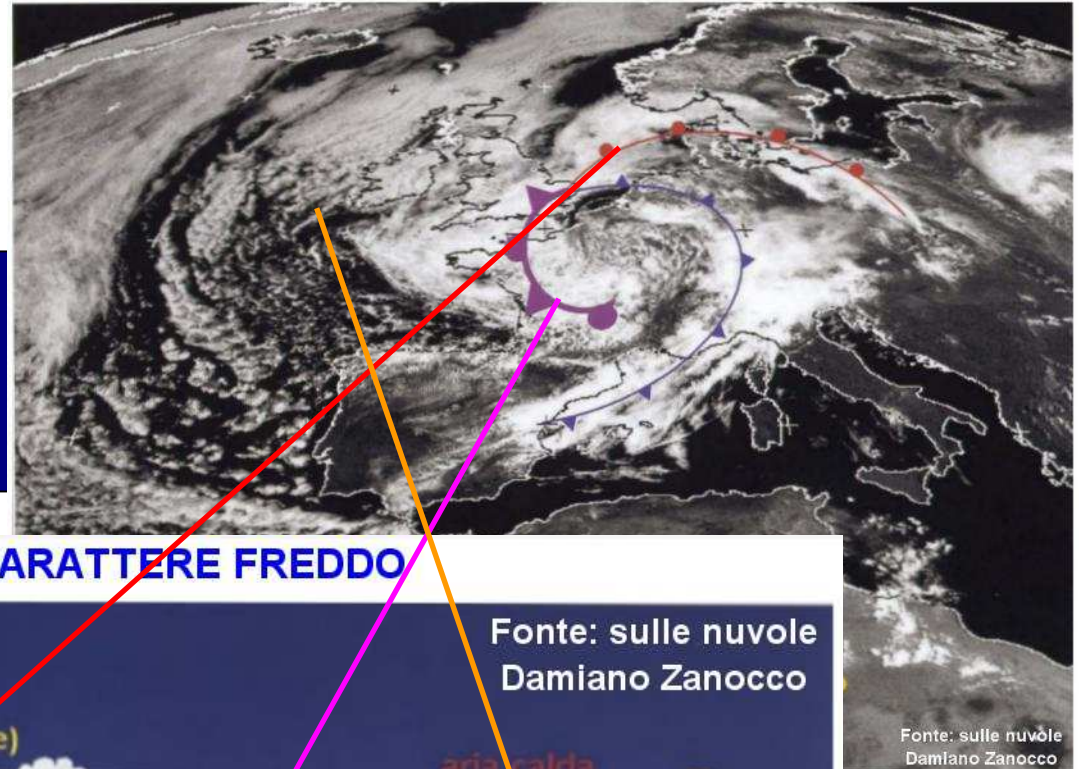
SCOMPARSA DEL SETTORE CALDO AL SUOLO ED ESPULSIONE DELL'ARIA CALDA ED UMIDA VERSO L'ALTO

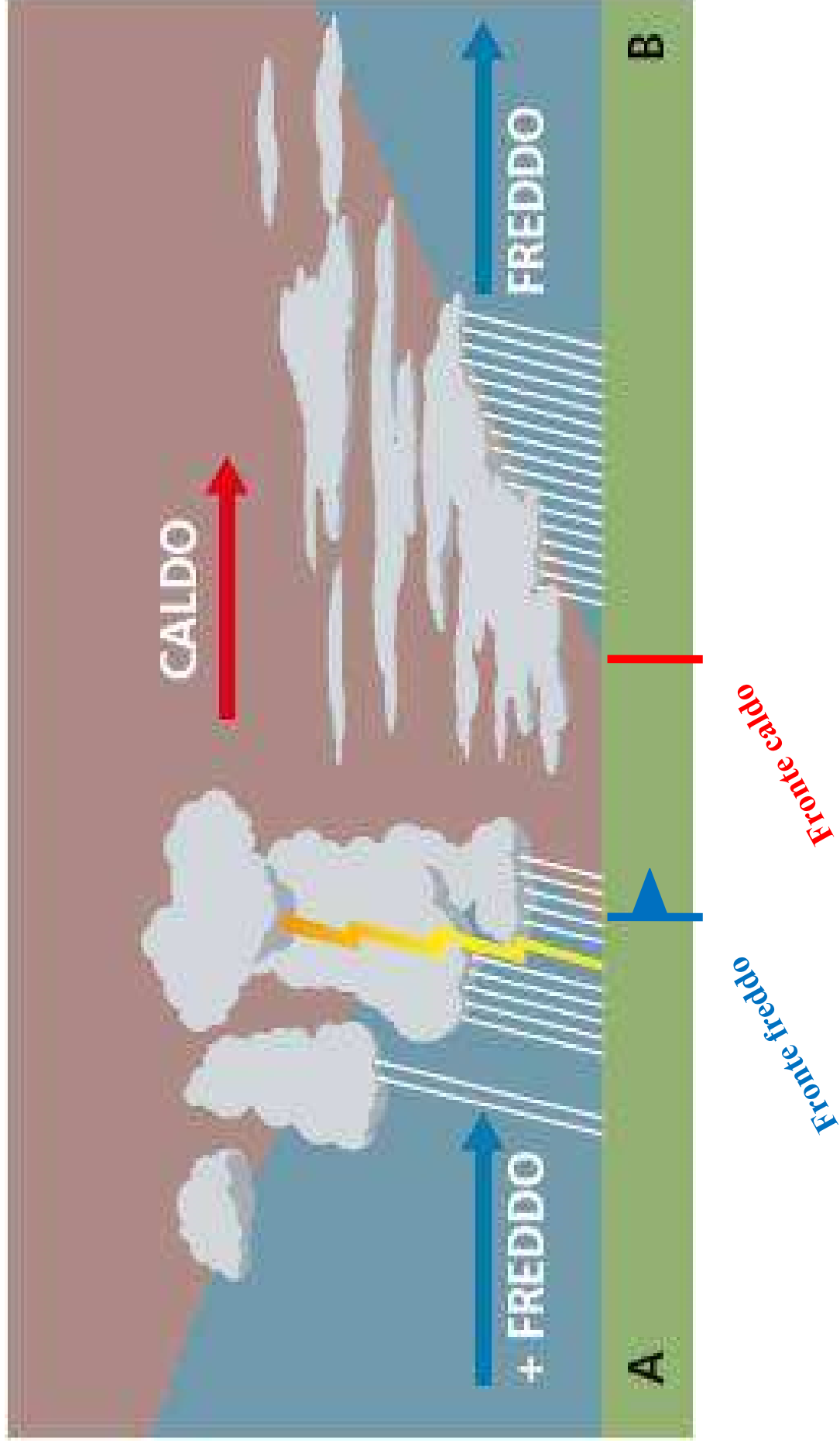
FRONTE OCCLUSO A CARATTERE FREDDO



Fonte: sulle nuvole
Damiano Zanocco

Fonte: sulle nuvole
Damiano Zanocco





LE DIVERSE SITUAZIONI RESPONSABILI DEL SOLLEVAMENTO DELL'ARIA

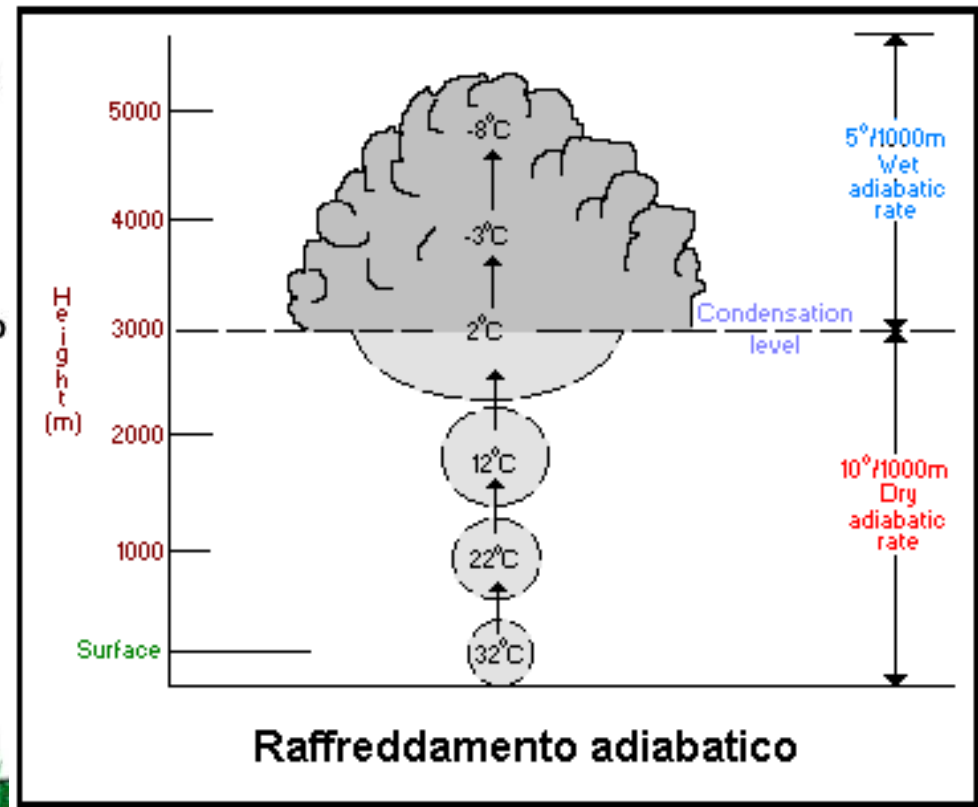
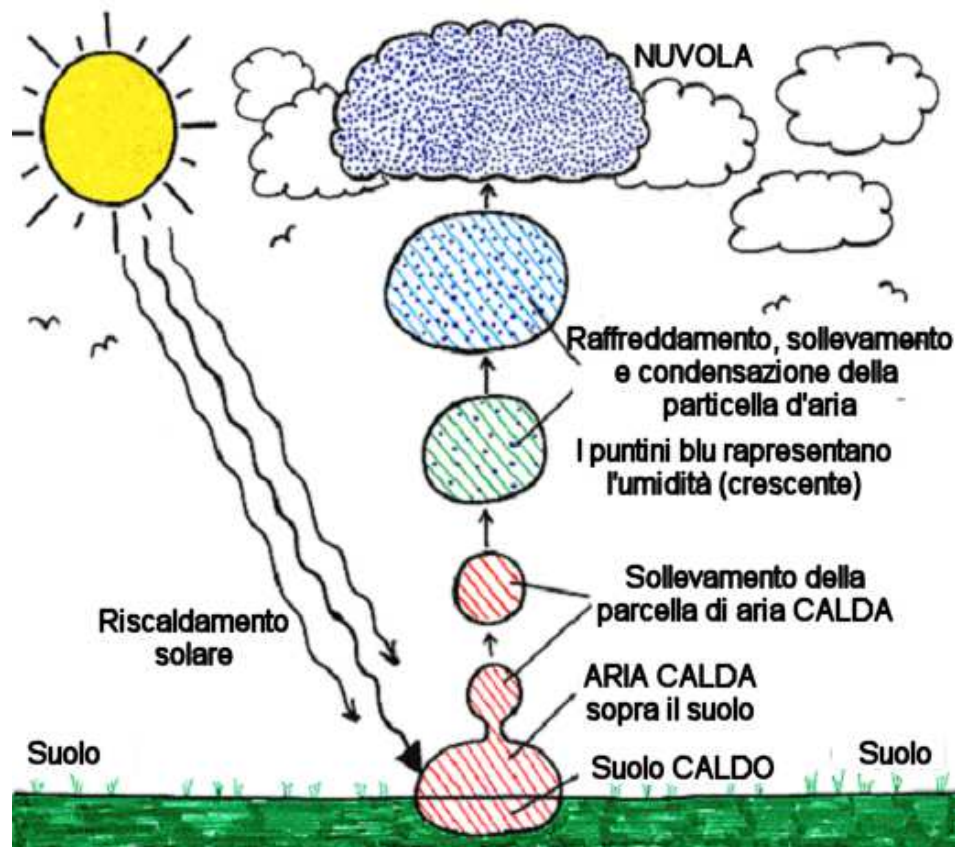
LA CONVEZIONE

Poco presente in inverno sulle Alpi, di più in Appennino)

- 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.

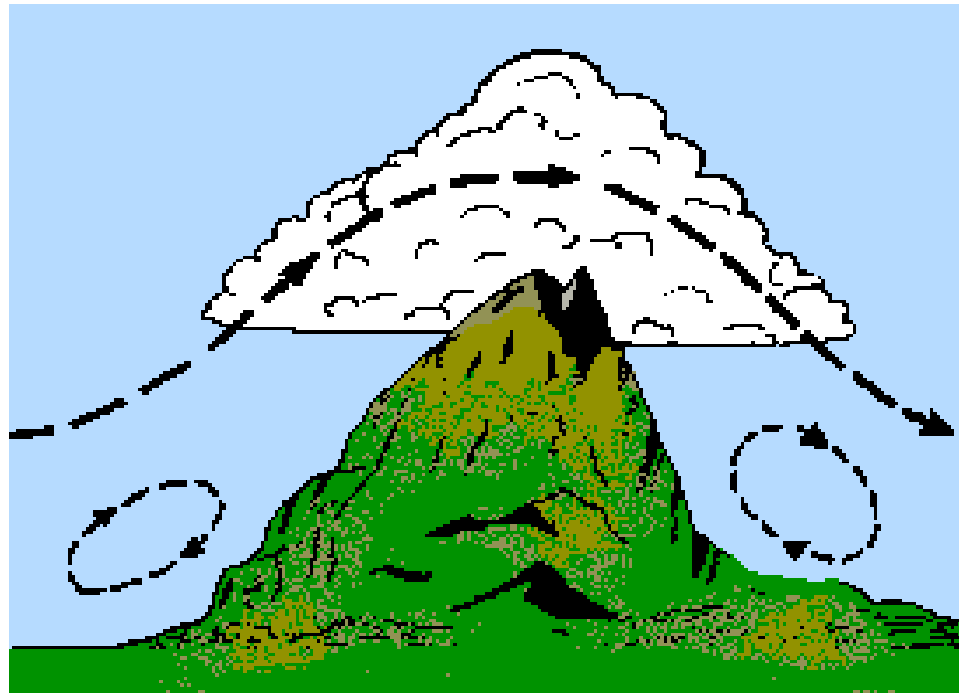
LA CONVEZIONE

Si genera dal «nulla», ovvero solo dal caldo del terreno, senza «fronti». La bolla di aria calda sale e se il gradiente è maggiore di 1°C ogni 100 m si arriva velocemente alla condensazione



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**.

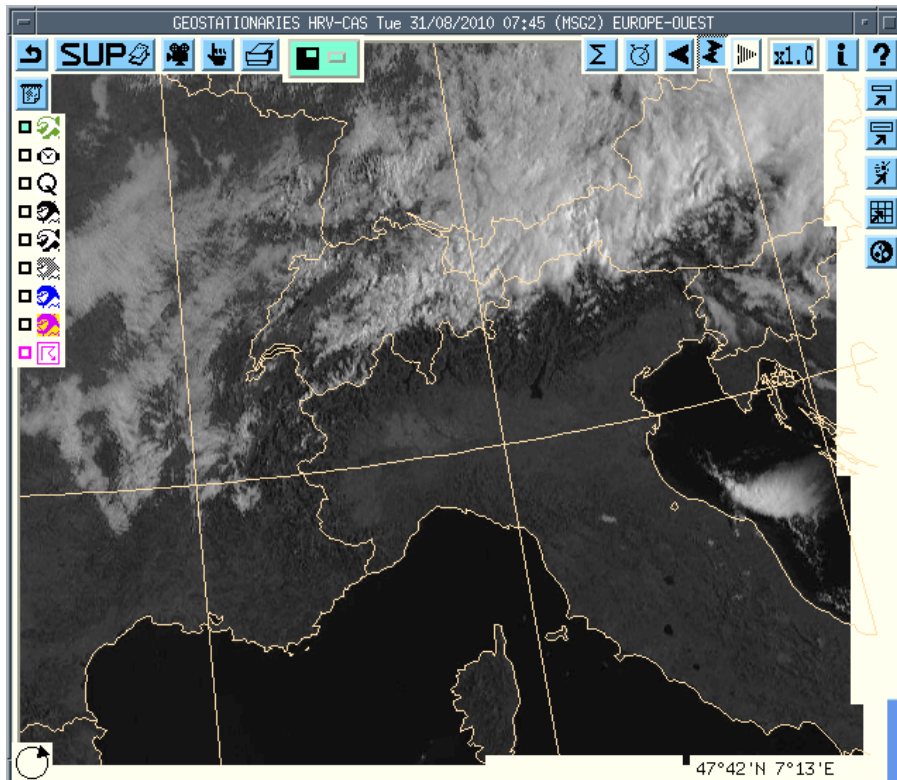
LO STAU

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.**

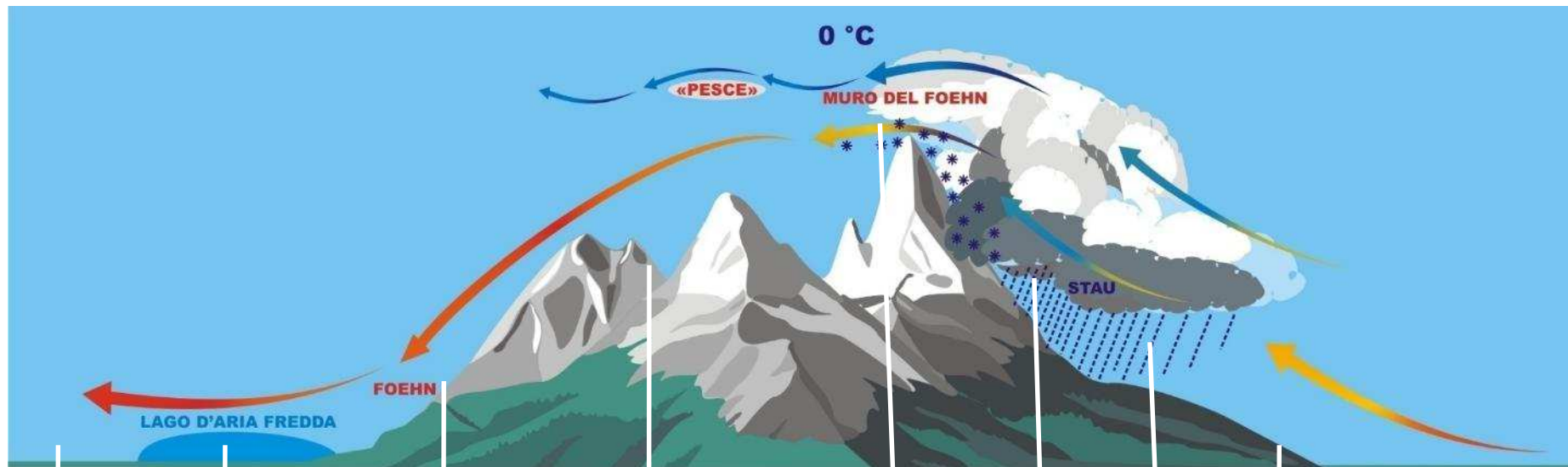
STAU E FÖHN

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 Föhn.**

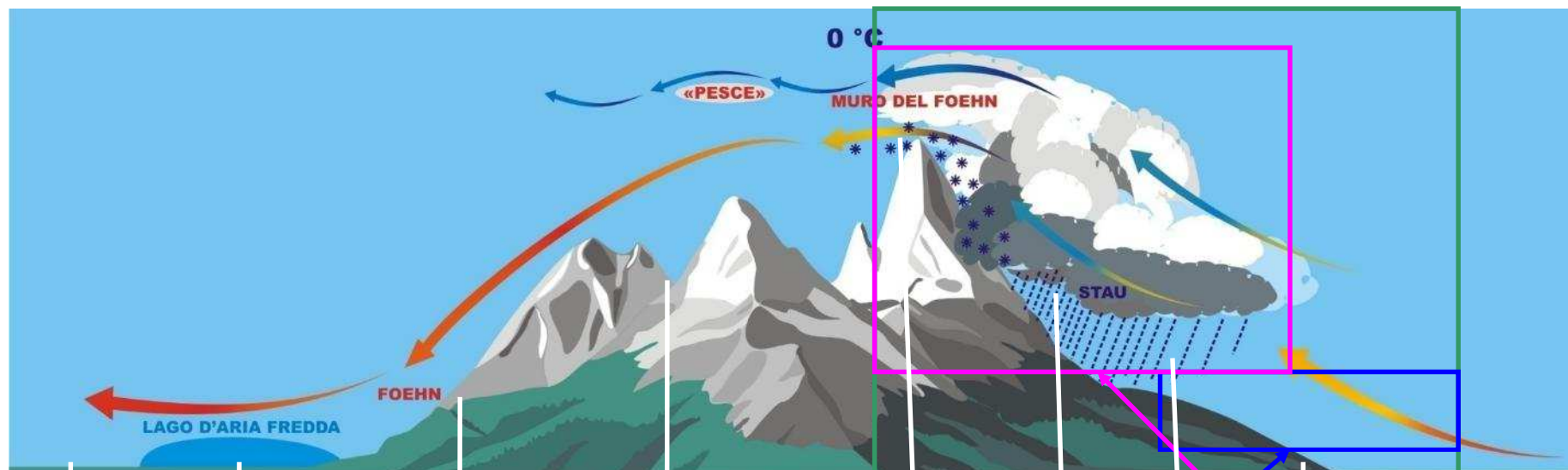


STAU



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%

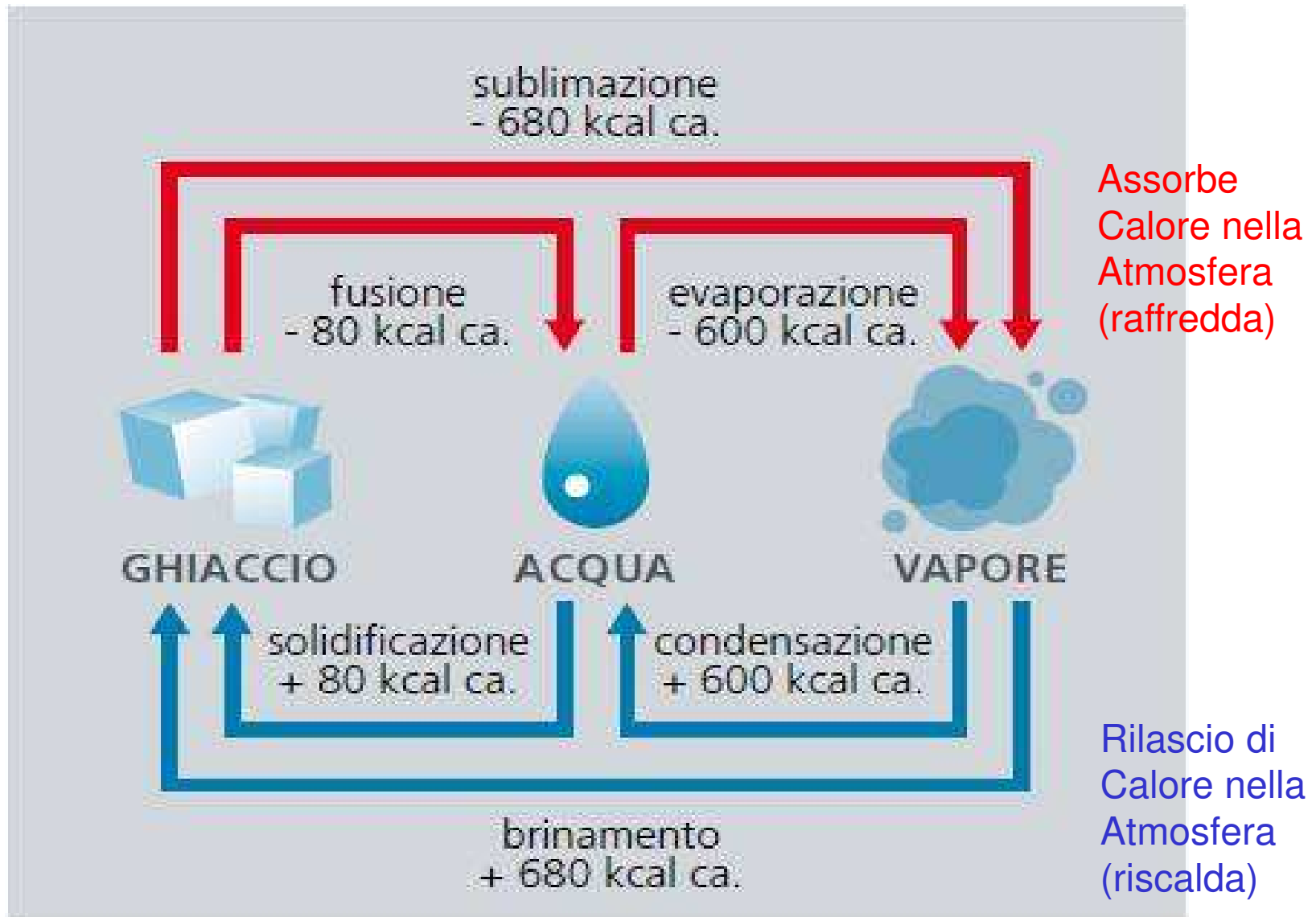
Occorfe capire il contesto termico del fenomeno



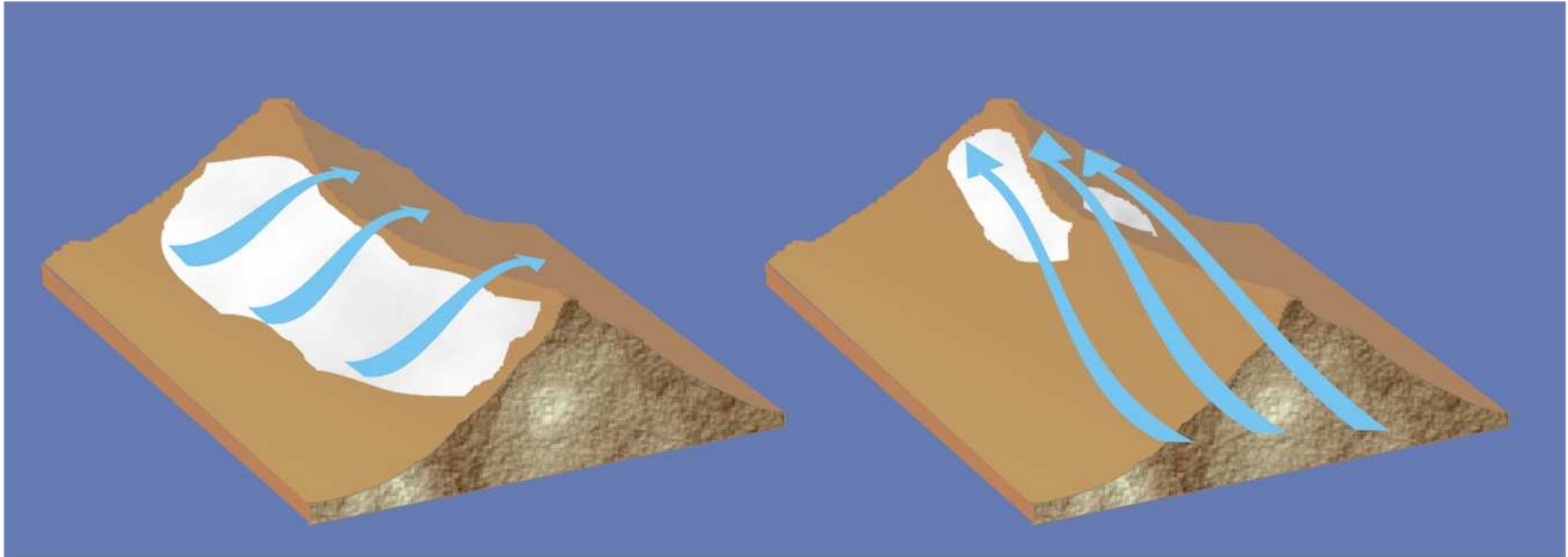
0 m	0 m	1000 m	2000 m	3000 m	2000 m	1000 m	400 m
25 °C	17 °C	15 °C	5 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	11 °C
20 %	60 %	30 %	50 %	100 %	100 %	100 %	75 %

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

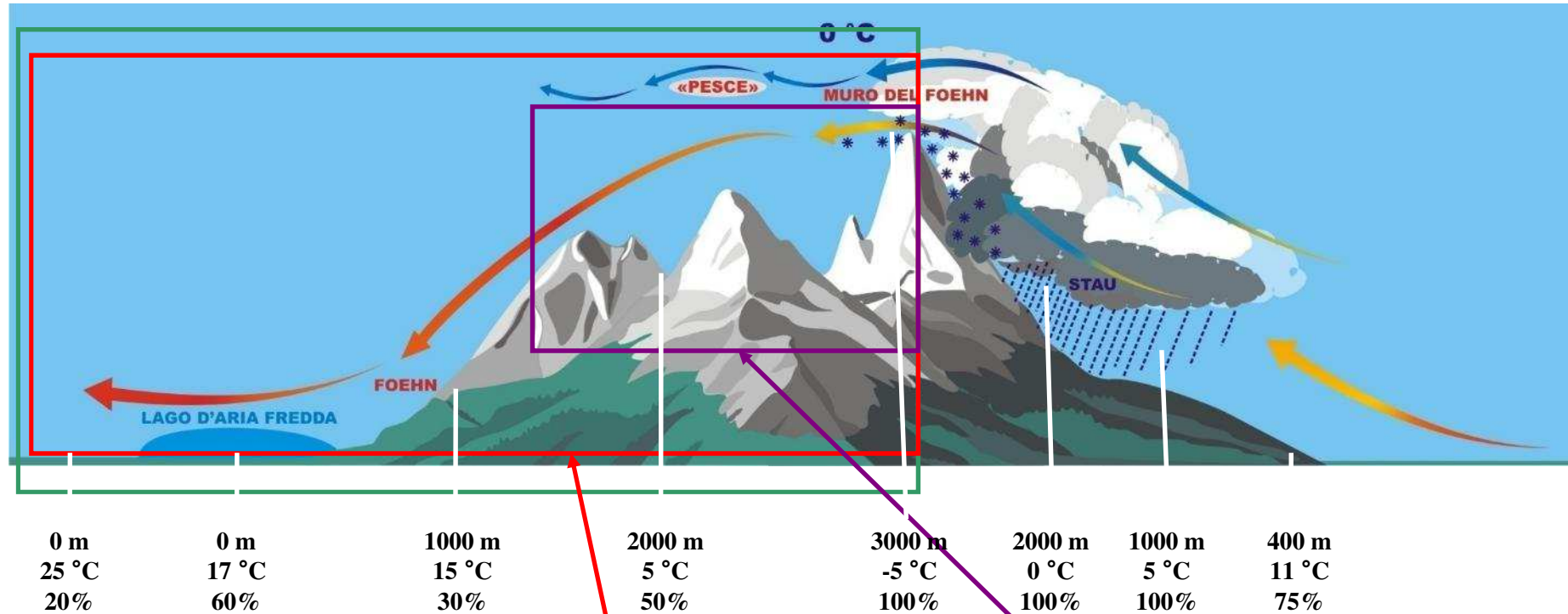


Precipitazione massima

Precipitazione minima

La componente verticale della velocità del vento é 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.

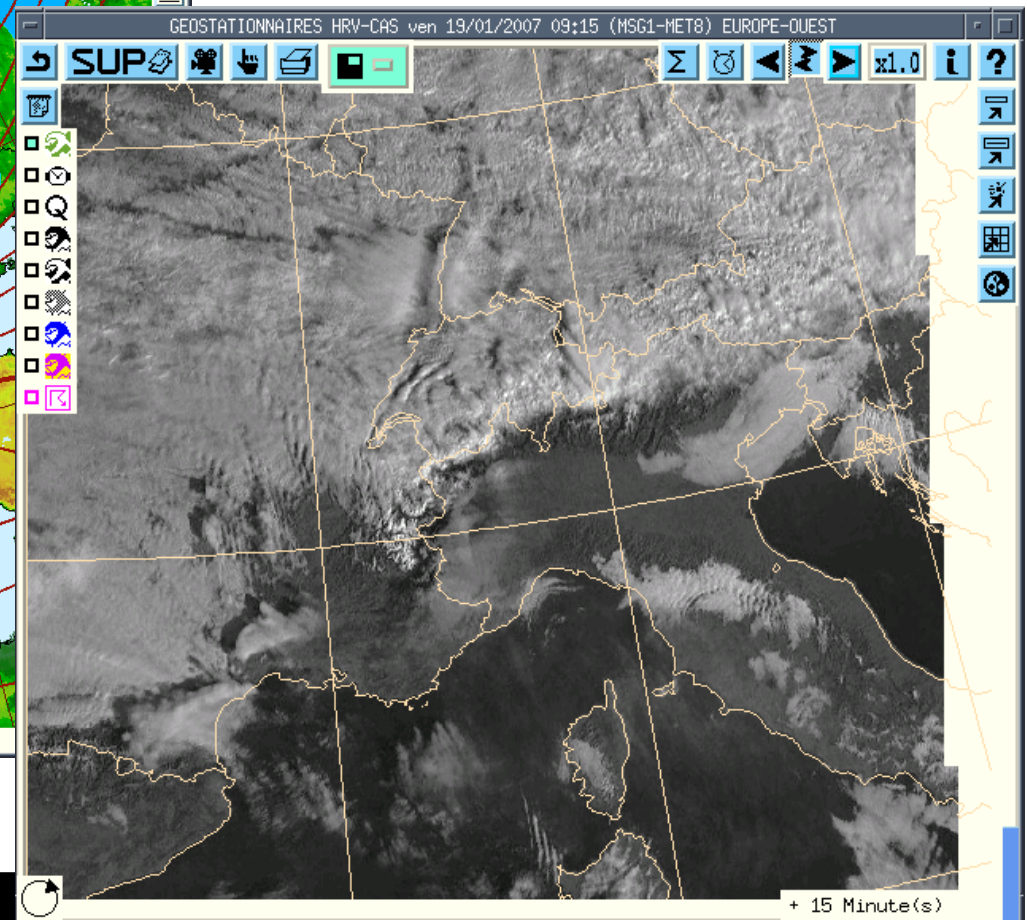
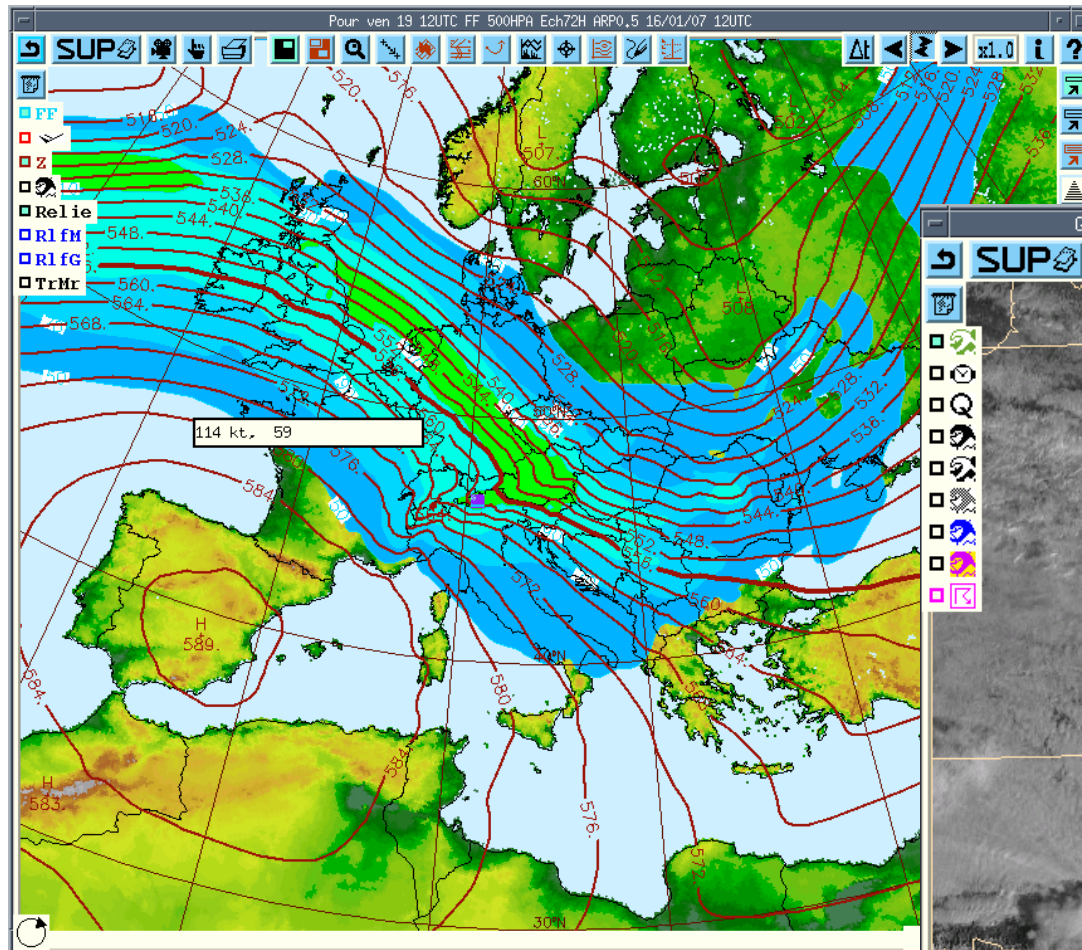
Föhn



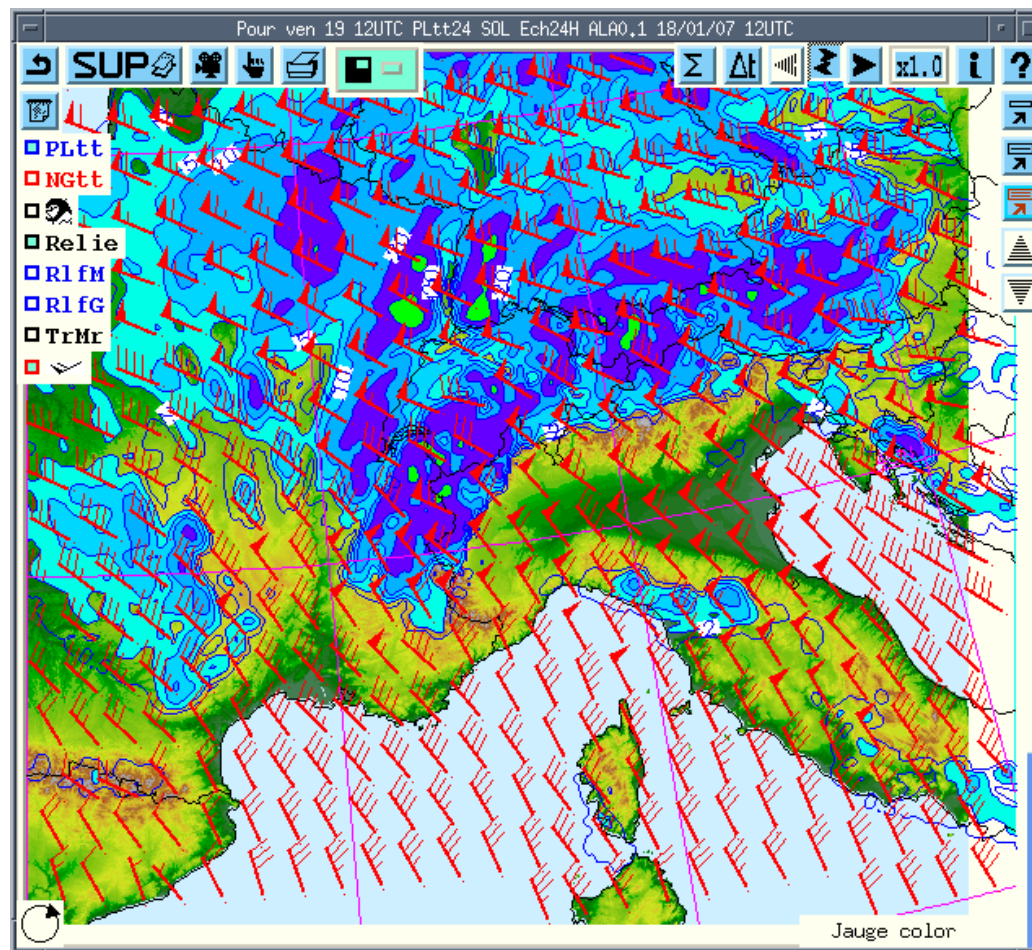
Durante **percorso di caduta** (ipotizzando per semplicità che ciò avvenga su tutto il versante sottovento), la massa d'aria subisce un processo di riscaldamento principalmente per compressione e attrito; poiché, non appena terminate le precipitazioni la massa d'aria non è più satura, essa **riacquisterà calore in discesa riscaldandosi nella misura di 1°C/100 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 FÖHN

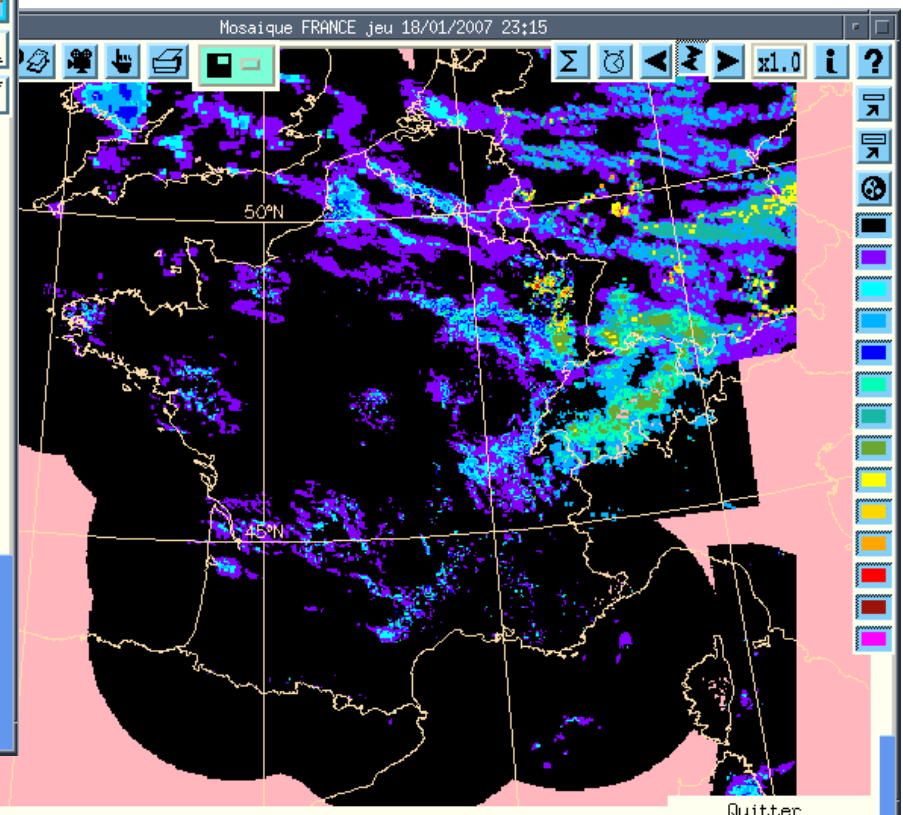
**FORTI CORRENTI DA NORD-OVEST IN
QUOTA TRANSITANO SULLE ALPI CON
NUBI CHE SI ADDOSSANO SUL VERSANTE
SOPRA VENTO**



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

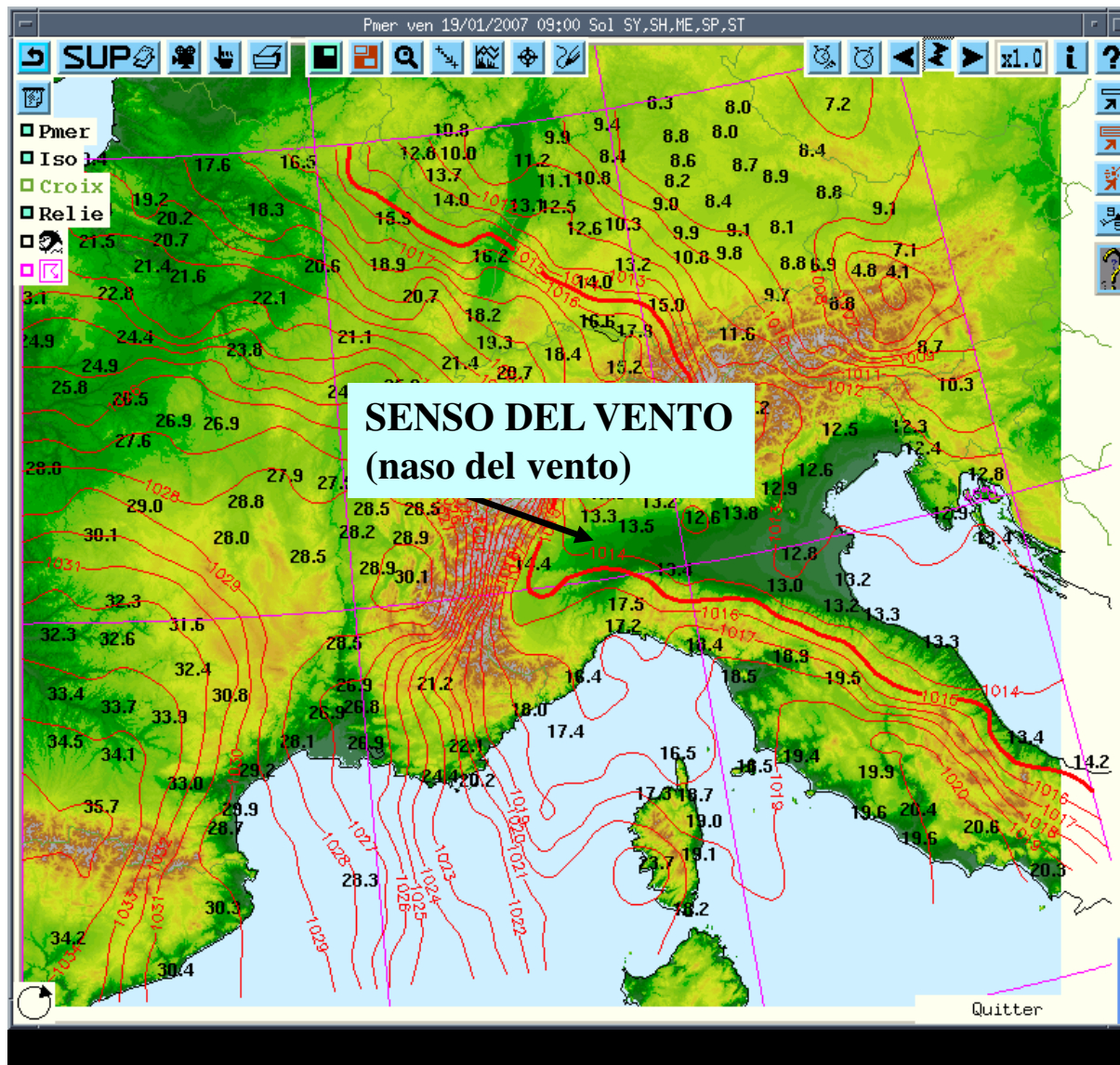


Vista di un Radar meteorologico



Anomalia dei campi di pressione

- 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/Föhn il principio generale Alta Pressione = bel tempo e Bassa Pressione = **brutto tempo non vale.**

Anomalia dei campi di pressione

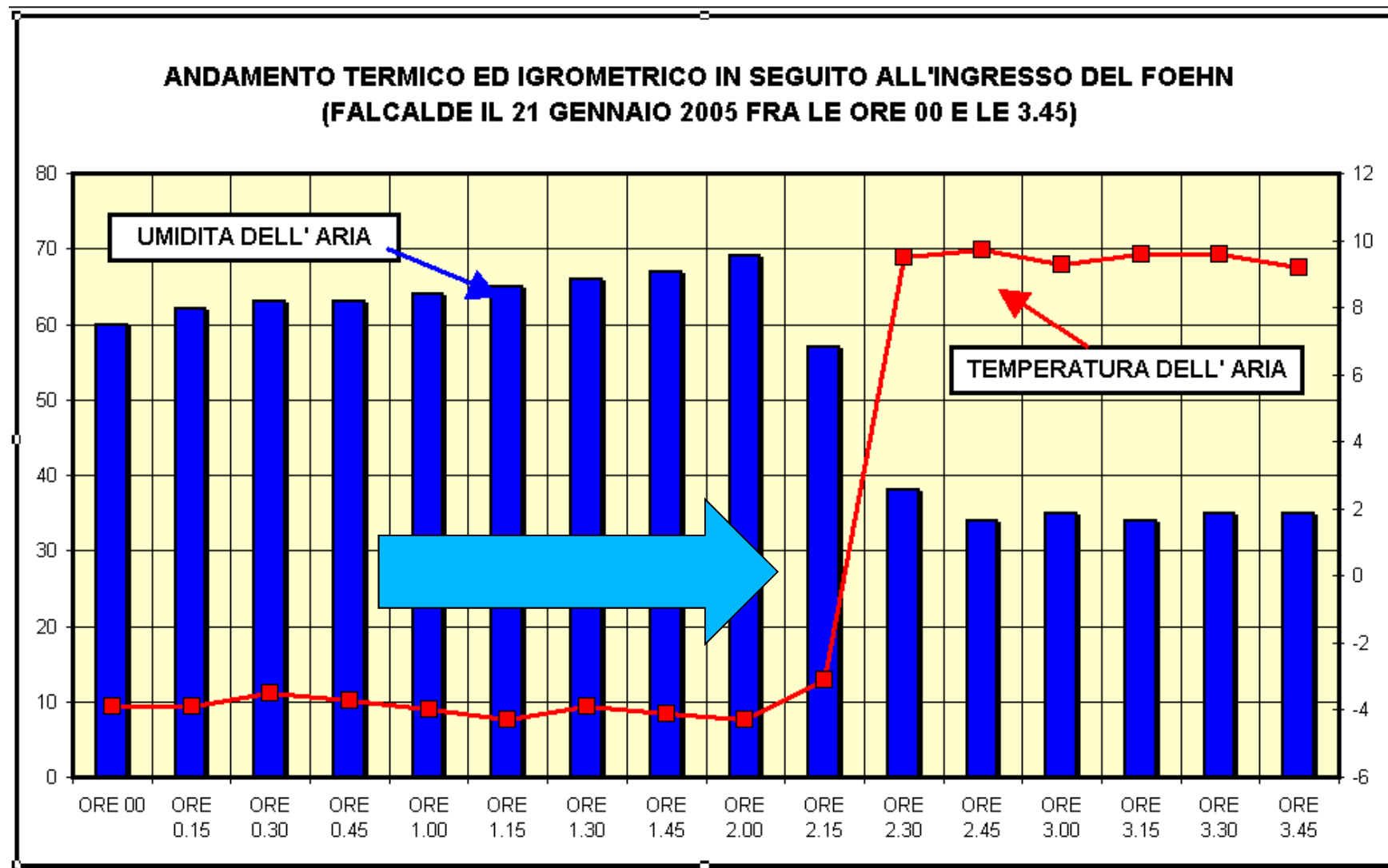
- FORTI GRADIENTE DI PRESSIONE FRA IL VERSANTE SOPRAVENTO (ALTA PRESSIONE) ED IL VERSANTE SOTTOVENTO (BASSA PRESSIONE)



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

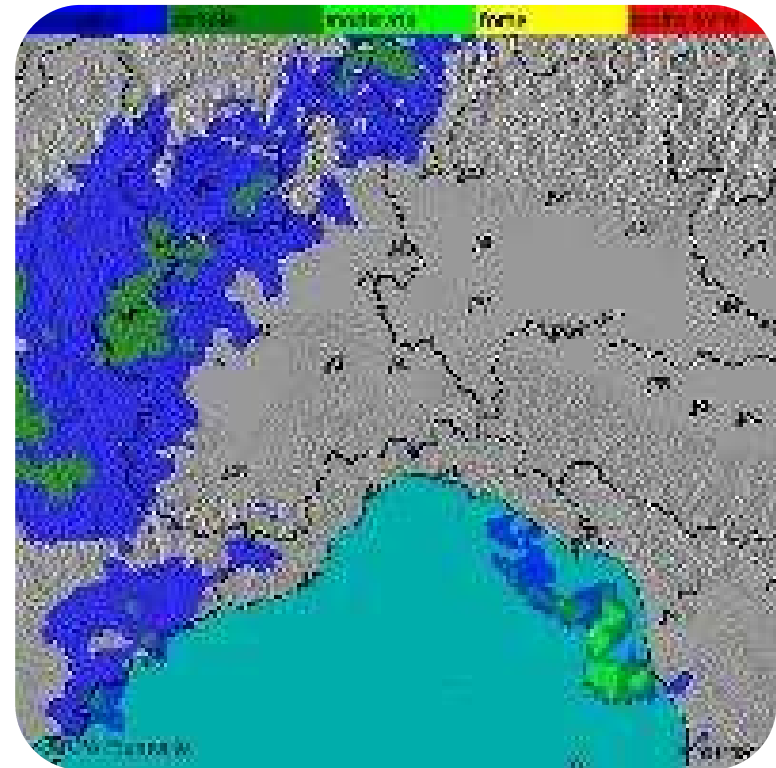
Nel caso
STAU/FÖHN il
principio generale
Alta Pressione =
bel tempo e Bassa
Pressione = **brutto
tempo non vale.**

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA E DELL'ARIA



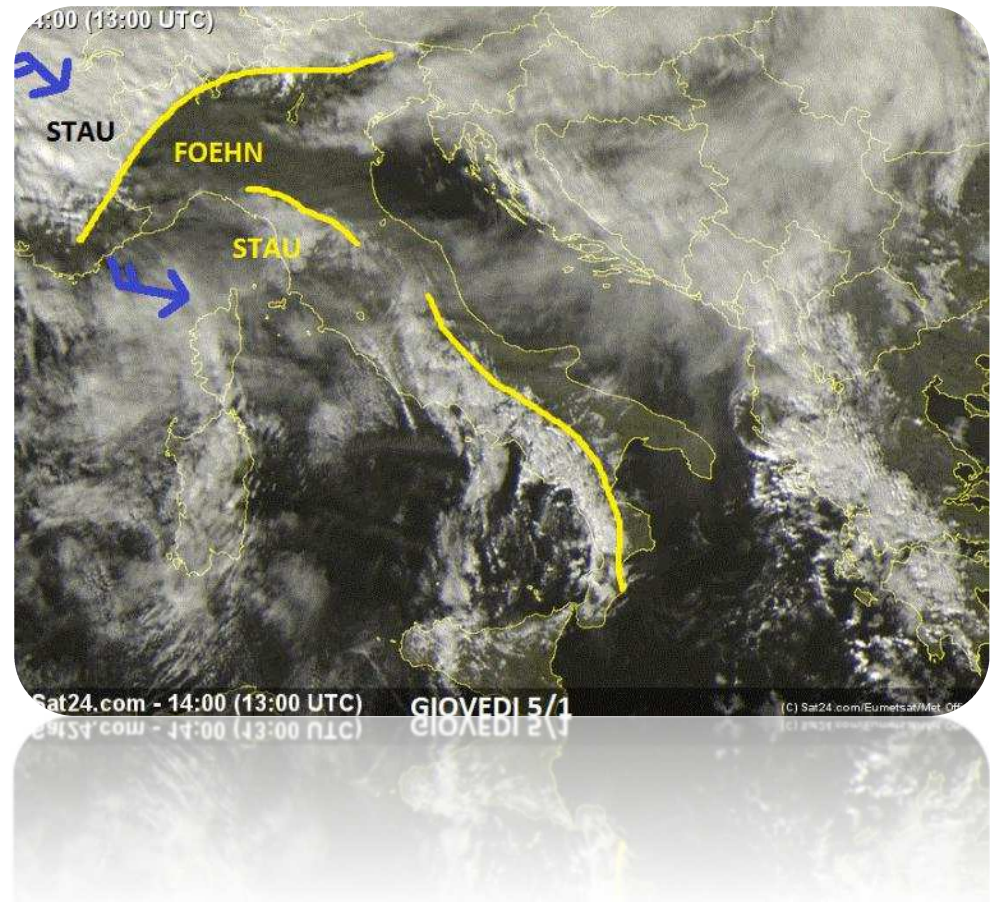
Giornate di föhn, esempio Torino

L'inverno 2021/22 è stato caratterizzato anche dal numero elevato di giornate favoniche. In Piemonte gli eventi di favonio in questa stagione invernale si sono verificati con una frequenza doppia rispetto alla media del periodo 2000-2020: in totale vi sono state 48 giornate favoniche, il valore più elevato del nuovo millennio.



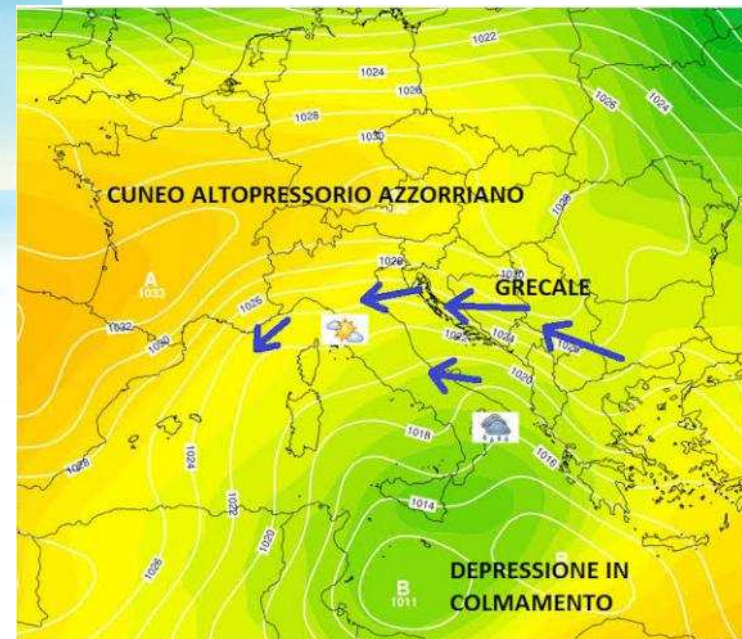
Versante Adriatico

Il favonio (o föhn) lungo gli Appennini è detto comunemente **Garbino**. Si manifesta con correnti sud-occidentali che risalgono e valicano il crinale: l'aria rilascia umidità sul versante tirrenico (stau) e poi scende rapidamente su quello adriatico comprimendosi e riscaldandosi (effetto favonico). Ciò genera cieli limpidi, cali drastici di umidità e **forti rialzi termici**



Versante Tirrenico

Il favonio (o fohn) sul versante tirrenico appenninico si verifica durante le correnti da Est/Nord-Est (come Bora o Grecale).



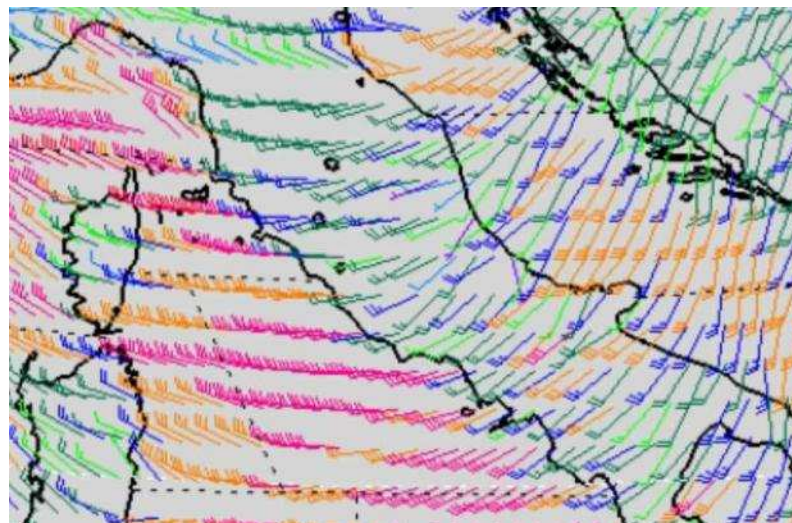
Effetto Garbino a pieno regime lungo il **versante adriatico**, con effetti maggiori tra **Abruzzo e Molise**, dove si sfiorano i **40°C** (39°C oggi domenica 1° agosto a Pescara!) al pari dell'estremo sud (qui però con cause diverse). Vi spieghiamo i motivi.

Quando **una massa d'aria umida incontra un ostacolo orografico** (in questo caso Il Gran Sasso e la Majella) si innalza in maniera forzata. Acquistando quota si espande e si raffredda di **1°C/100m**. A questo punto la sua umidità relativa aumenta e, una volta raggiunta la saturazione ossia la formazione di nubi e precipitazioni, si raffredda ulteriormente ma di soli 0,5°C/100m (effetto **sbarramento** o Staü sul versante sopravvento). Raggiunta la cresta la oltrepassa e ridiscende impetuoso lungo il versante sottovento (il cosiddetto effetto **favonico o Foehn**).

Questo passaggio causa una trasformazione della massa d'aria che subisce una compressione adiabatica secca durante la quale la temperatura aumenta per **l'intero percorso di 1°C/100m**, con un divario termico che può raggiungere anche di **10/15°C** rispetto alla **temperatura di partenza**. Tale vento è chiamato **Garbino** (dall'arabo gharbi, ovvero occidentale) che, specie sui settori collinari e costieri orientali dell'Abruzzo, si presenta con raffiche impetuose che determinano un sensibile aumento delle temperature, oltre ad un drastico calo dell'umidità.

Il **Libeccio** e il **Garbino** sono due venti che, pur avendo **un'origine simile**, generano effetti meteorologici diversi in varie regioni del Paese. Entrambi **derivano da correnti sud-occidentali**, ma il loro comportamento varia a seconda della geografia delle zone attraversate.

Il **Libeccio** è un vento tipicamente marittimo, che colpisce soprattutto le aree costiere del Mediterraneo centrale. Provenendo da sud-ovest, **questo vento è carico di umidità e tende a portare piogge**, specialmente quando incontra le catene montuose lungo il suo percorso.

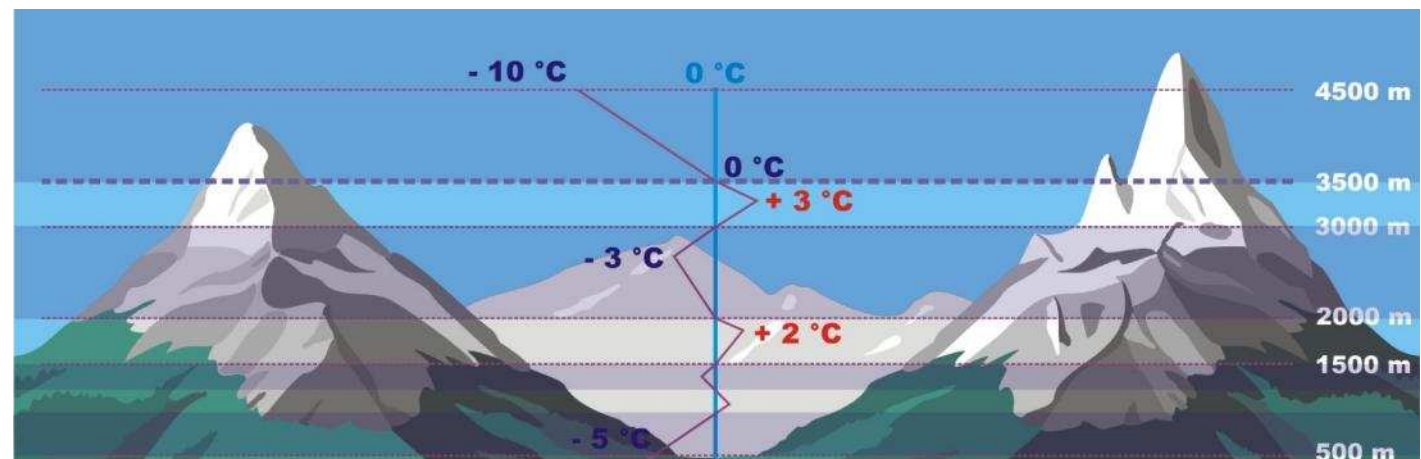
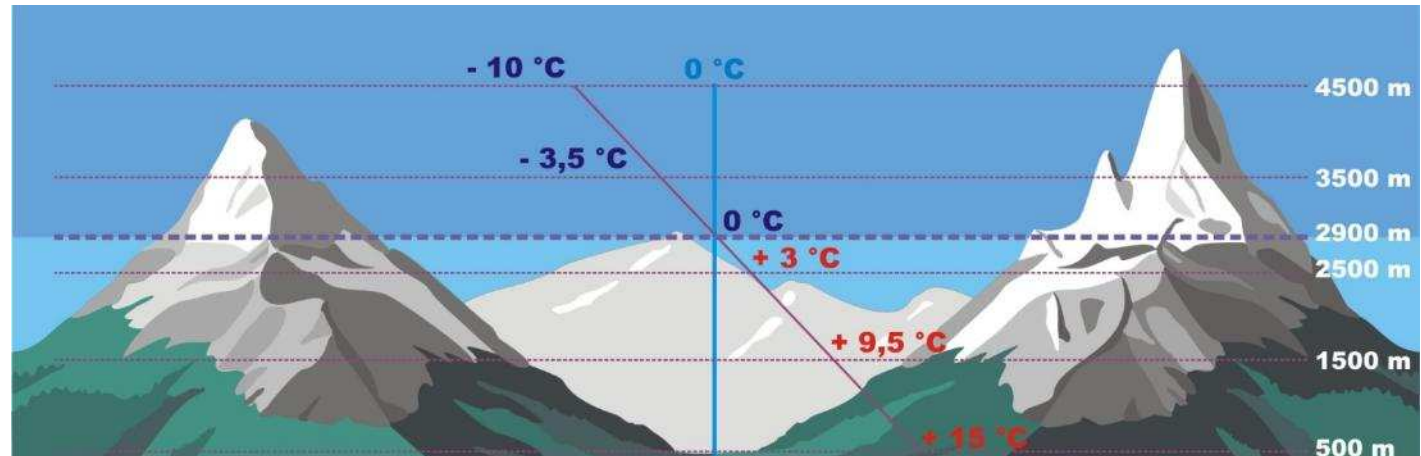


Il **Garbino**, d'altro canto, rappresenta una variante del Libeccio che **acquista caratteristiche particolari dopo aver attraversato gli Appennini**. Questo vento, scendendo verso le regioni adriatiche come **Romagna, Marche e Abruzzo**, **si riscalda per compressione adiabatica, diventando un vento caldo e secco**, noto per il suo effetto simile al Föhn delle Alpi. Tale processo trasforma il Garbino in un vento che **provoca forti rialzi di temperatura e una drastica riduzione dell'umidità**, generando un clima particolarmente caldo e secco lungo il versante adriatico.

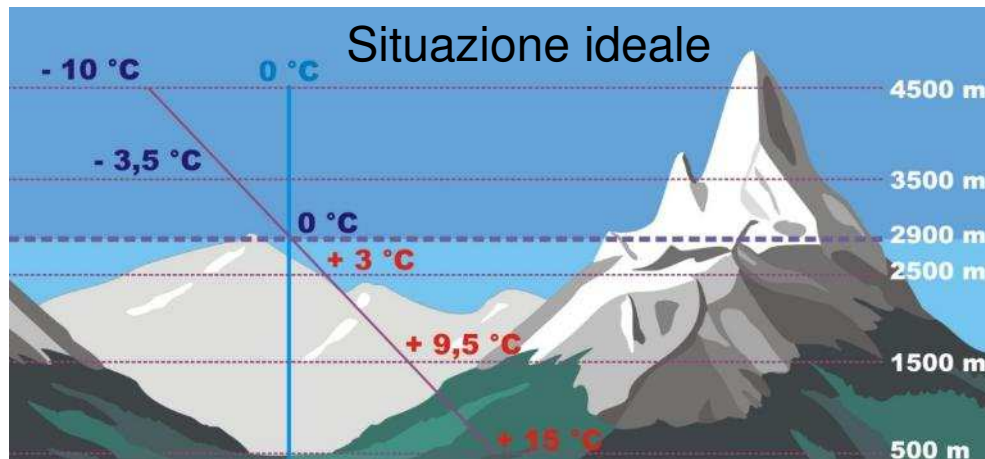
Questa distinzione rende evidente come **l'orografia italiana giochi un ruolo determinante nella diversificazione degli effetti del Libeccio e del Garbino**. Mentre il Libeccio è sinonimo di umidità e condizioni meteorologiche instabili lungo il versante tirrenico, il Garbino crea un ambiente secco e caldo sulle coste adriatiche. La comprensione di questi fenomeni è fondamentale per la gestione delle risorse idriche e per la previsione dei cambiamenti climatici locali

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

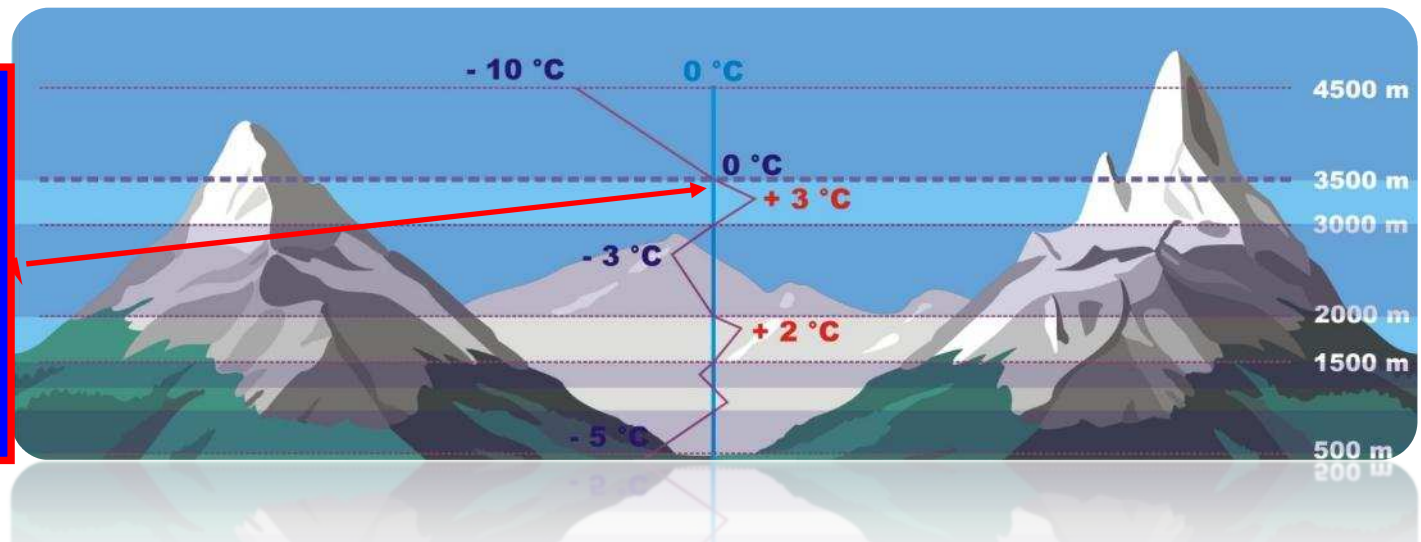


**PER ZERO TERMICO S'INTENDE LA QUOTA ALLA QUALE LA TEMPERATURA
DELL'ARIA NELLA LIBERA ATMOSFERA È INFERIORE A 0°C**

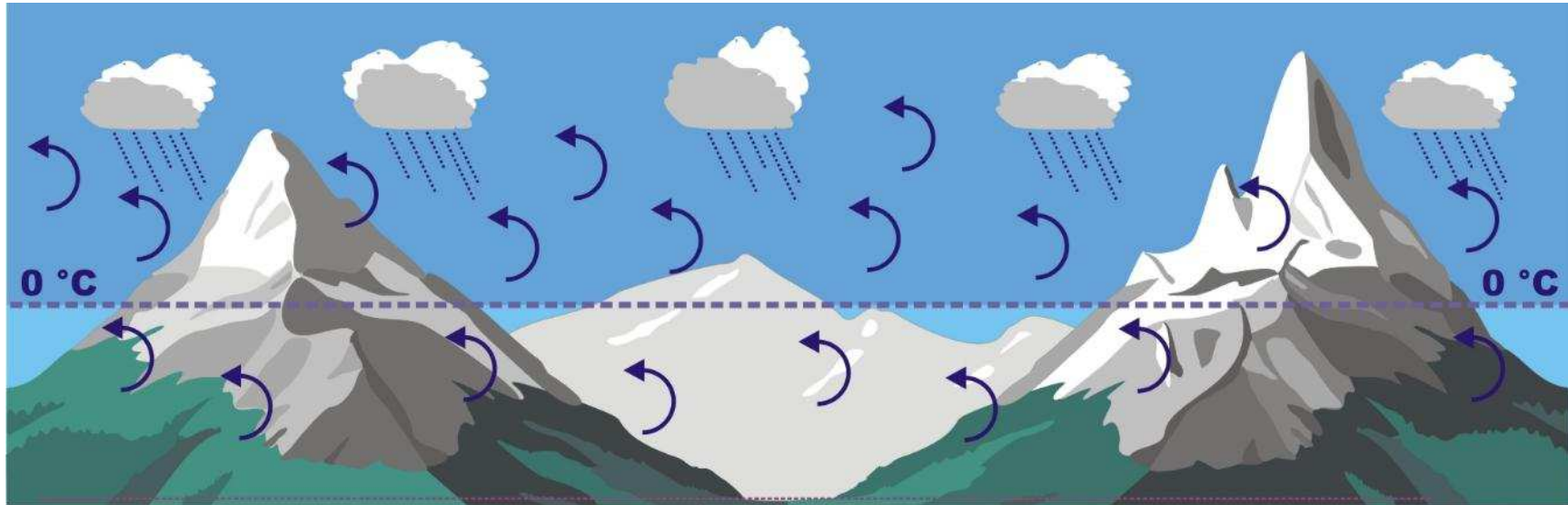


**QUALI SONO O QUALE È LA
QUOTA DELLO ZERO TERMICO?**

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

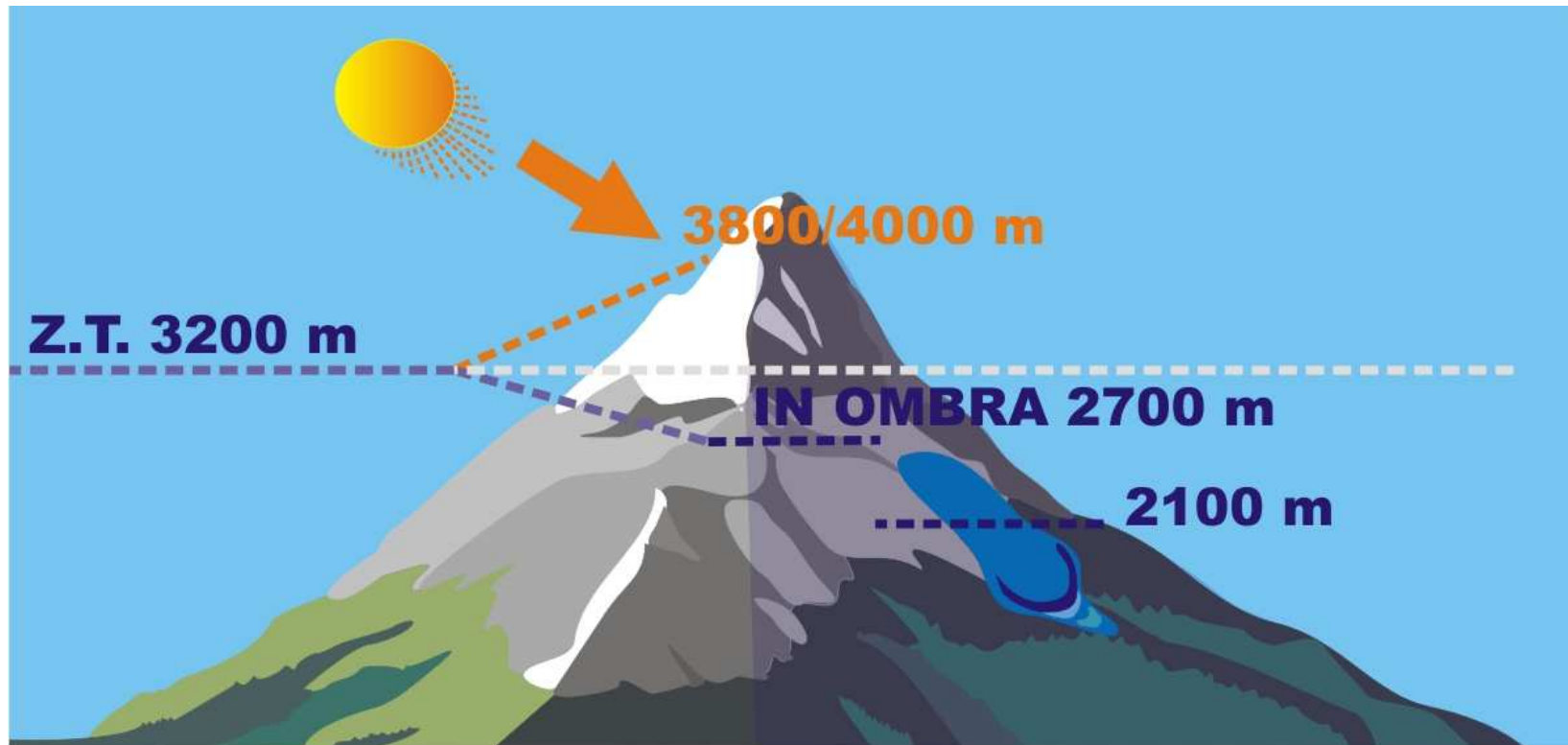


Quota dello zero termico previsto e realtà locale



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 e quindi dove misuro lo 0°C

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

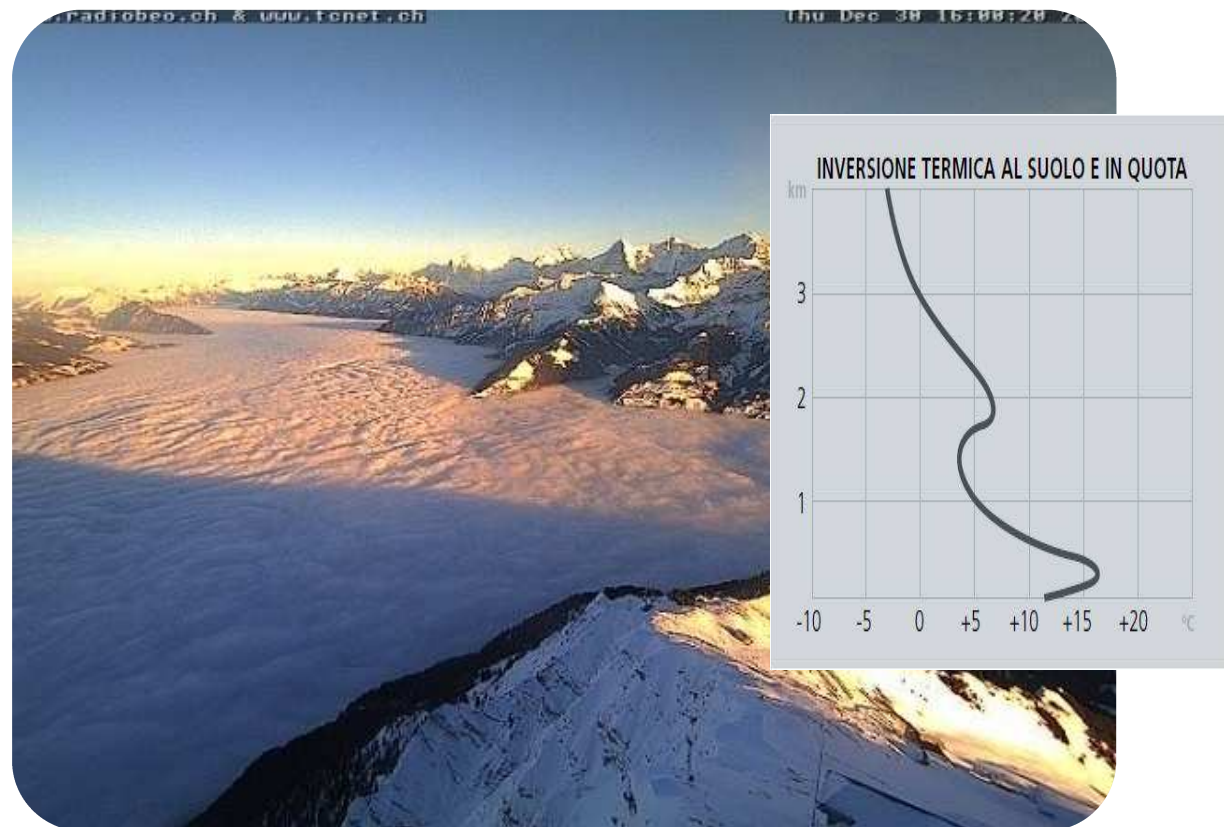
L'inversione termica

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 nevicate

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

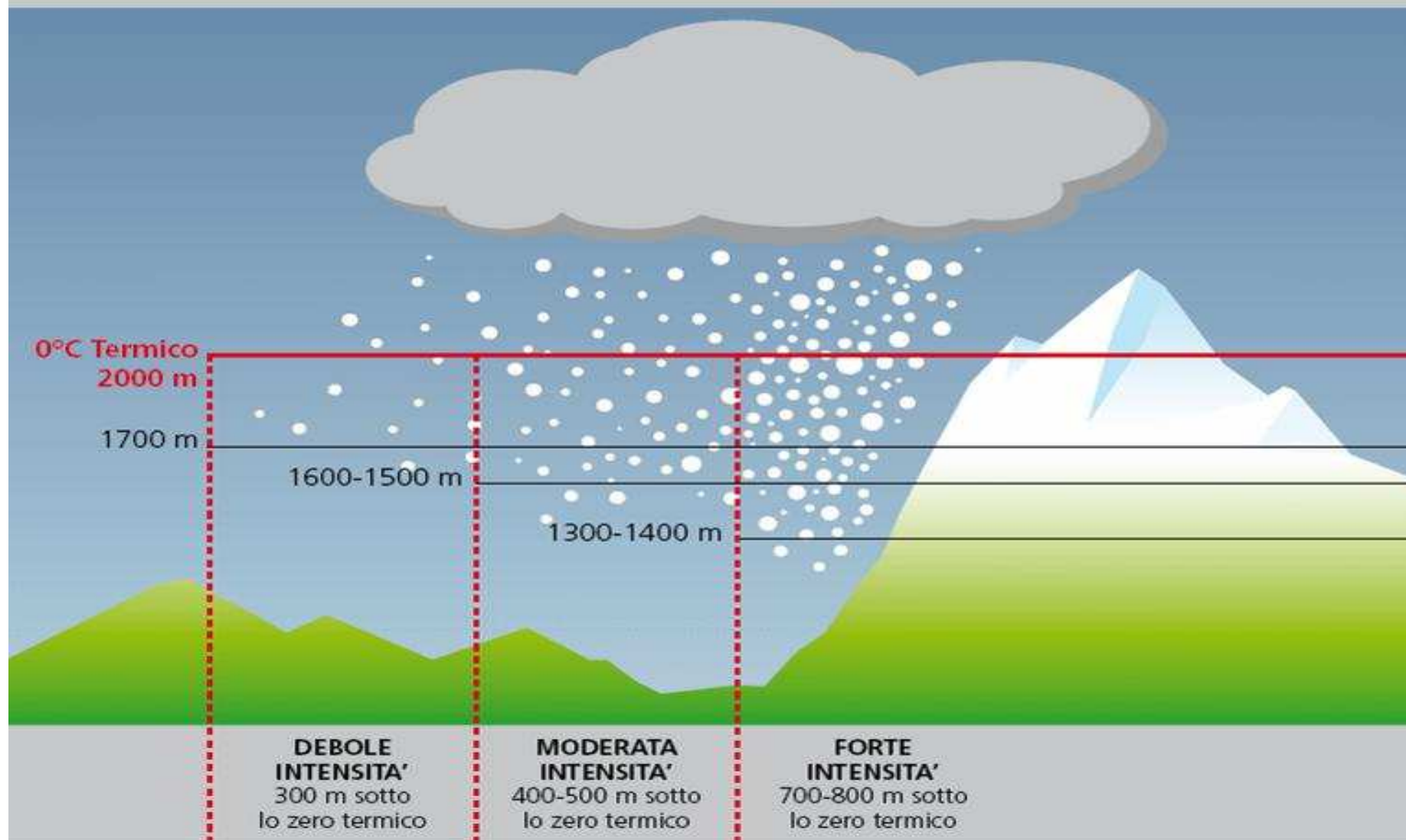
Tale quota non corrisponde necessariamente al limite di accumulo di neve al suolo

Il limite delle nevicate dipende da numerosi fattori:

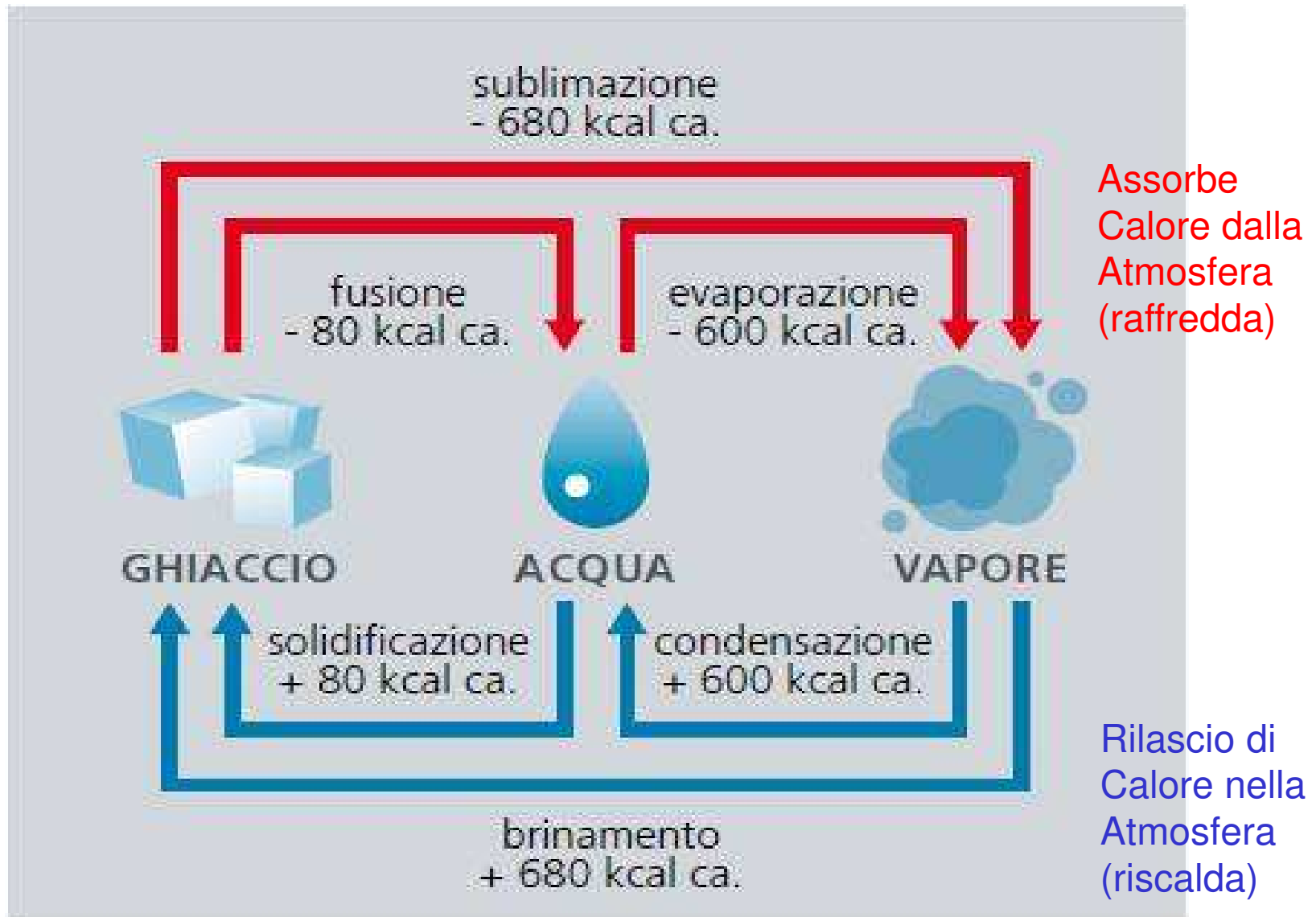
- la quota dello zero termico;
- l'intensità e la durata della precipitazione nevosa;
- la presenza di uno strato d'inversione termica o di isoterma;
- le configurazioni topografiche locali;
- la posizione geografica (zone interne della catena alpina e zone vicine alla pianura).

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

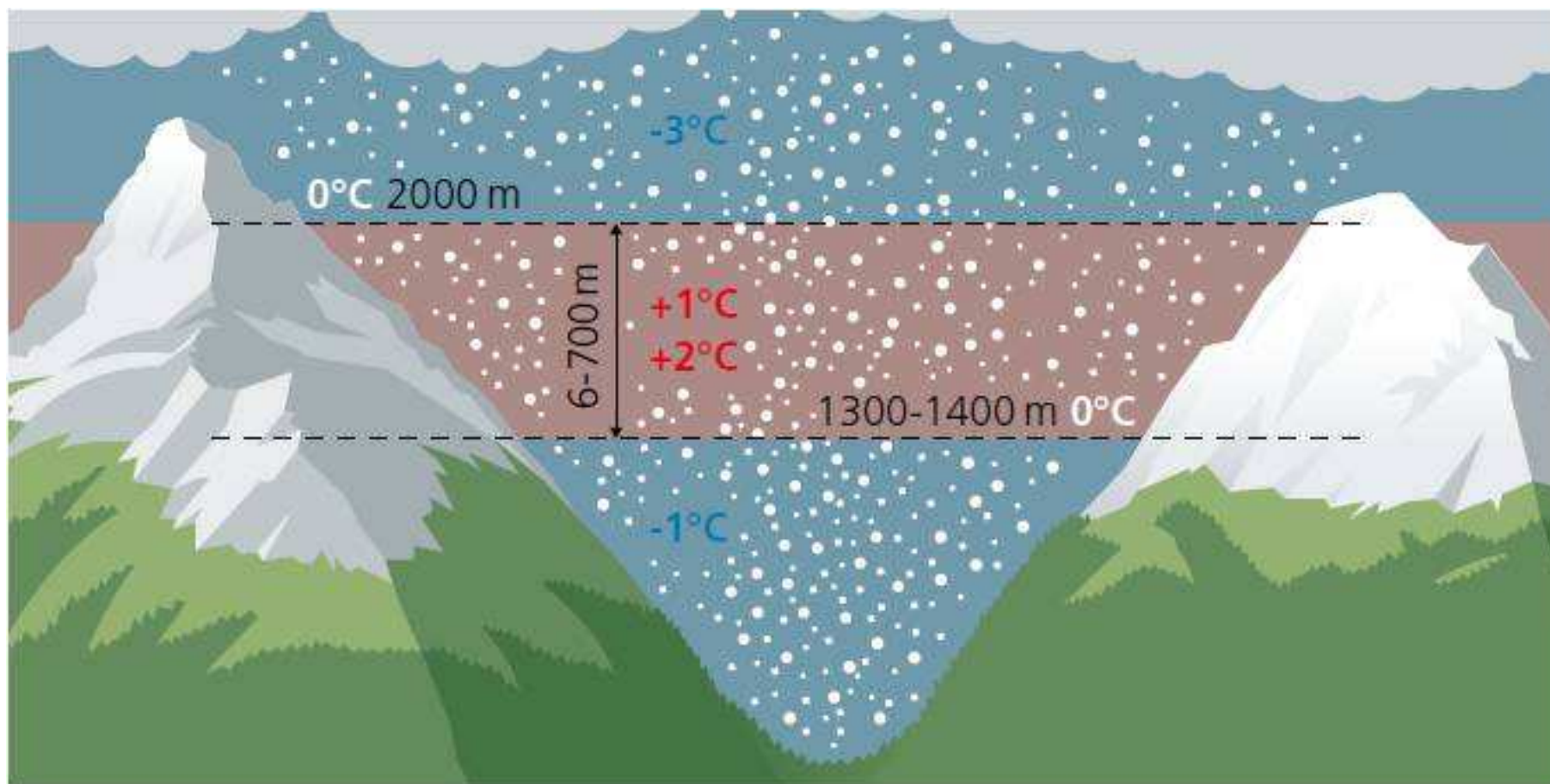


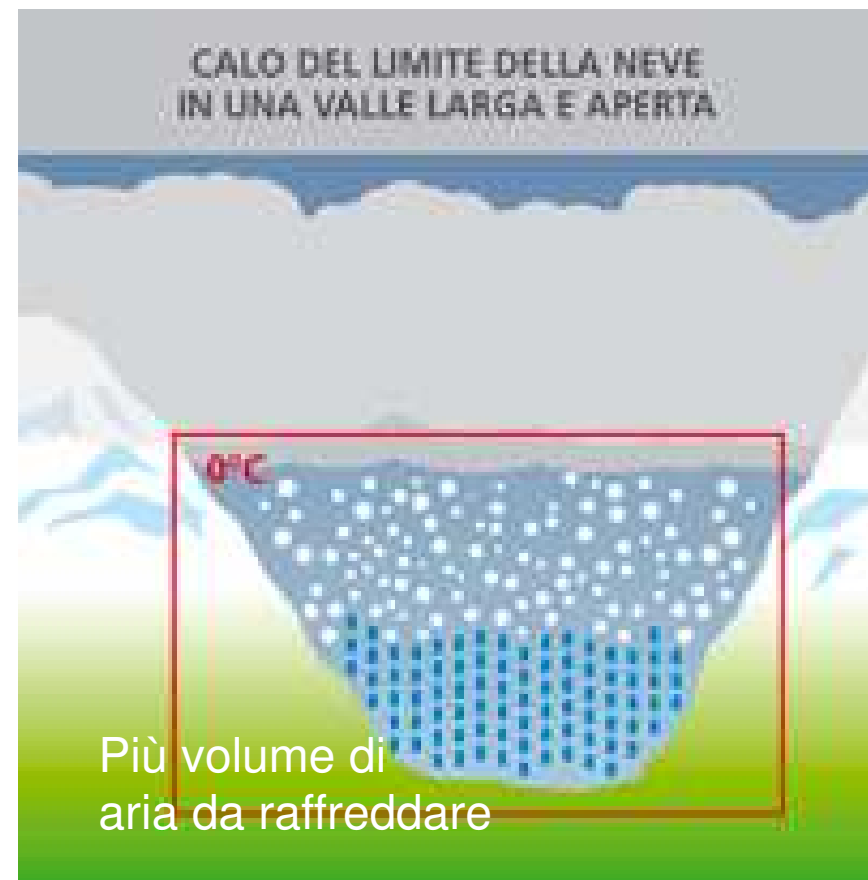
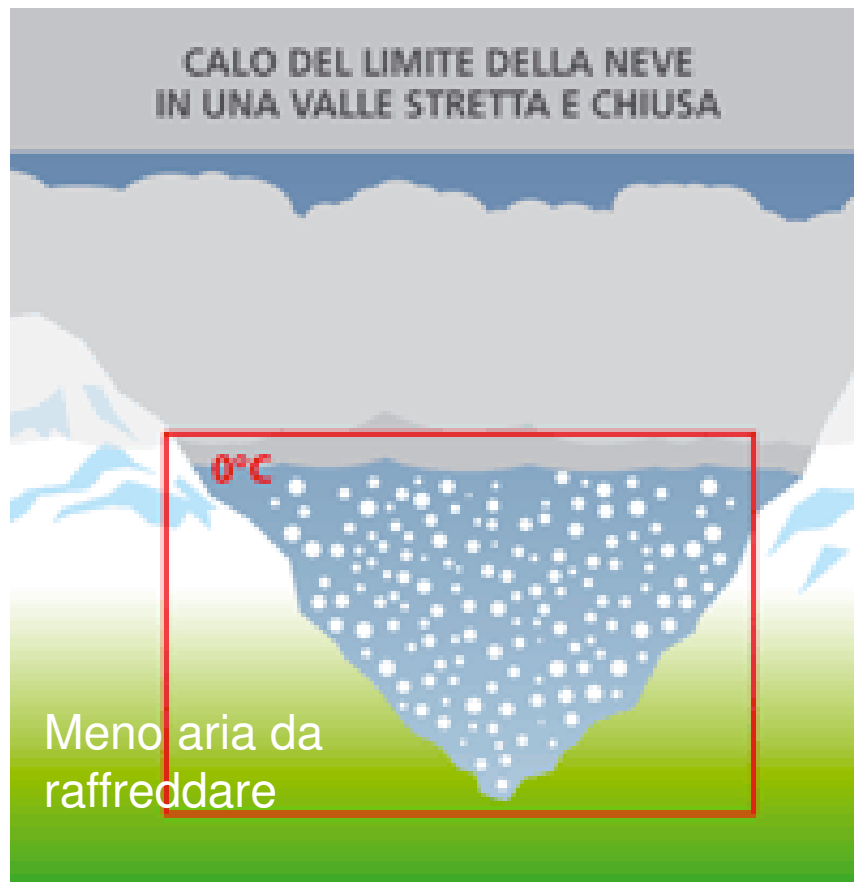
Passaggi di stato della molecola acqua



Dipendenza del limite della nevicata

Inversione termica

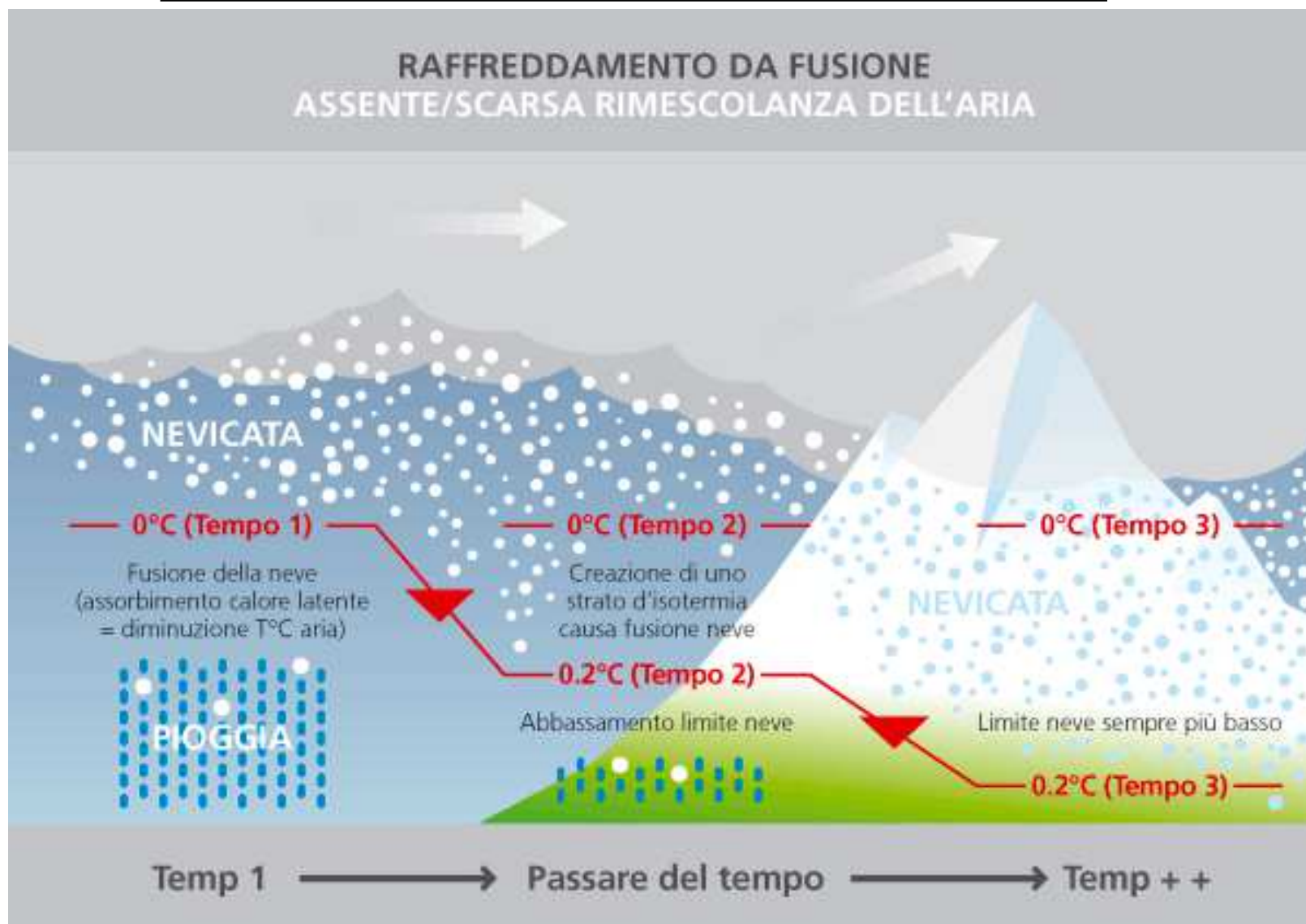




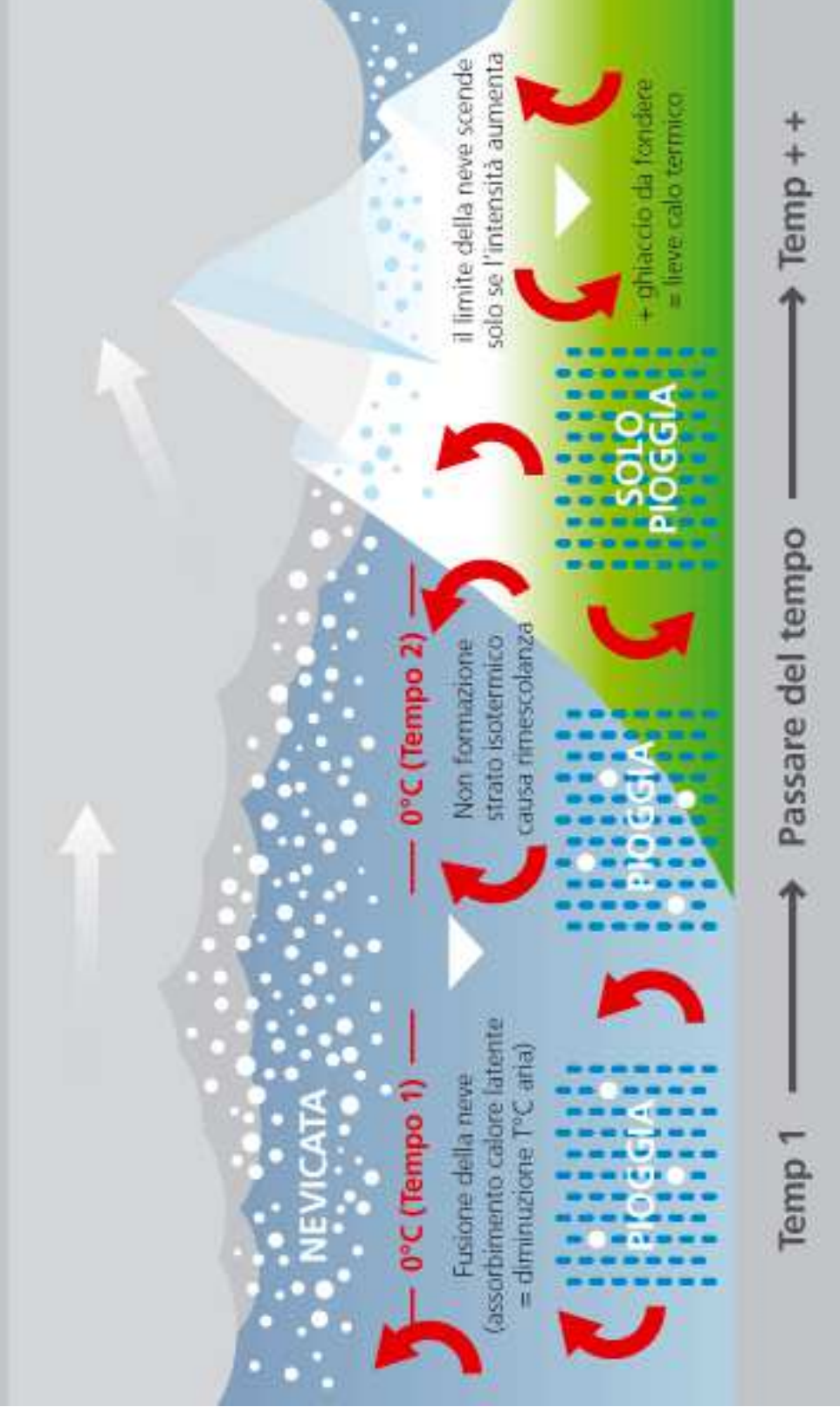
Nelle **valli strette** e chiuse il limite della neve tende a **scendere di più** che non nelle valli larghe, soprattutto in caso di non rimescolanza (venti deboli o assenti).

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 durata del processo da raffreddamento da fusione:
serve tempo e assenza di vento



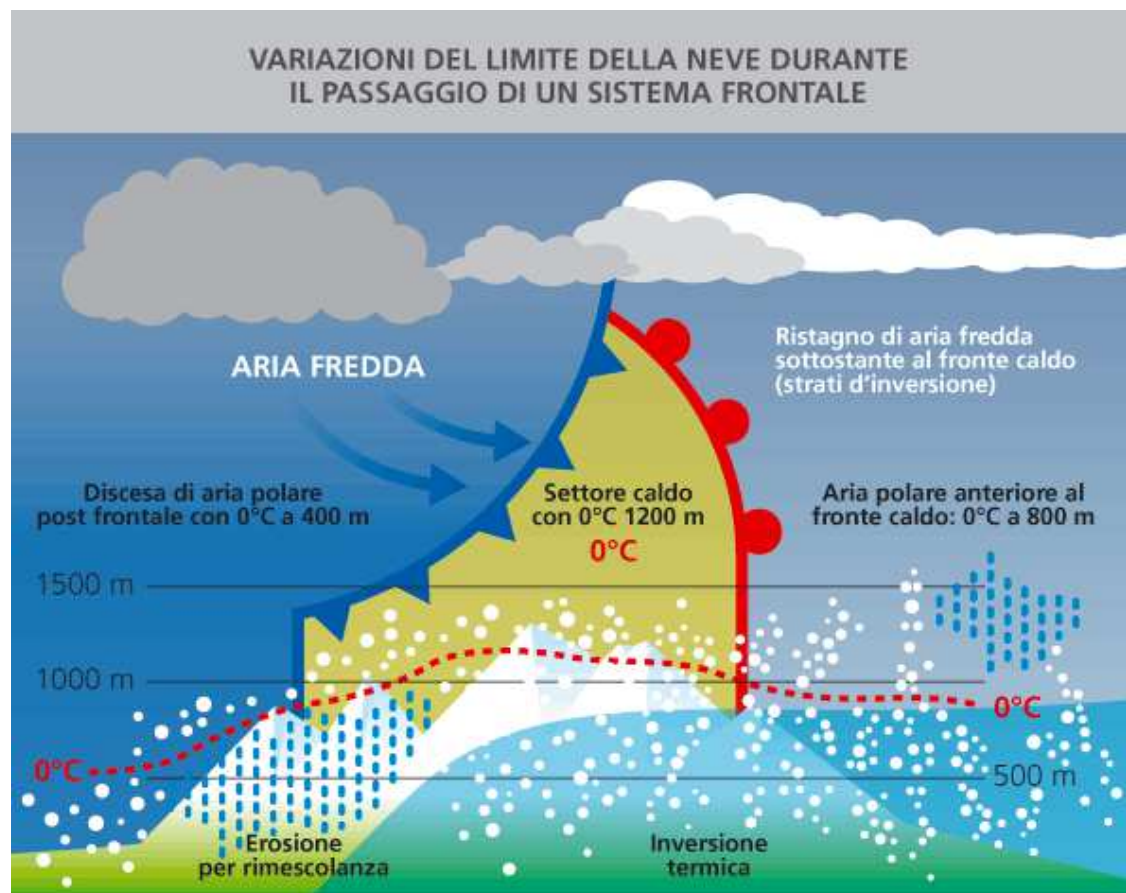
RAFFREDDAMENTO DA FUSIONE RIMESCOLANZA DELL'ARIA



LA NEVE DA CUSCINETTO FREDDO

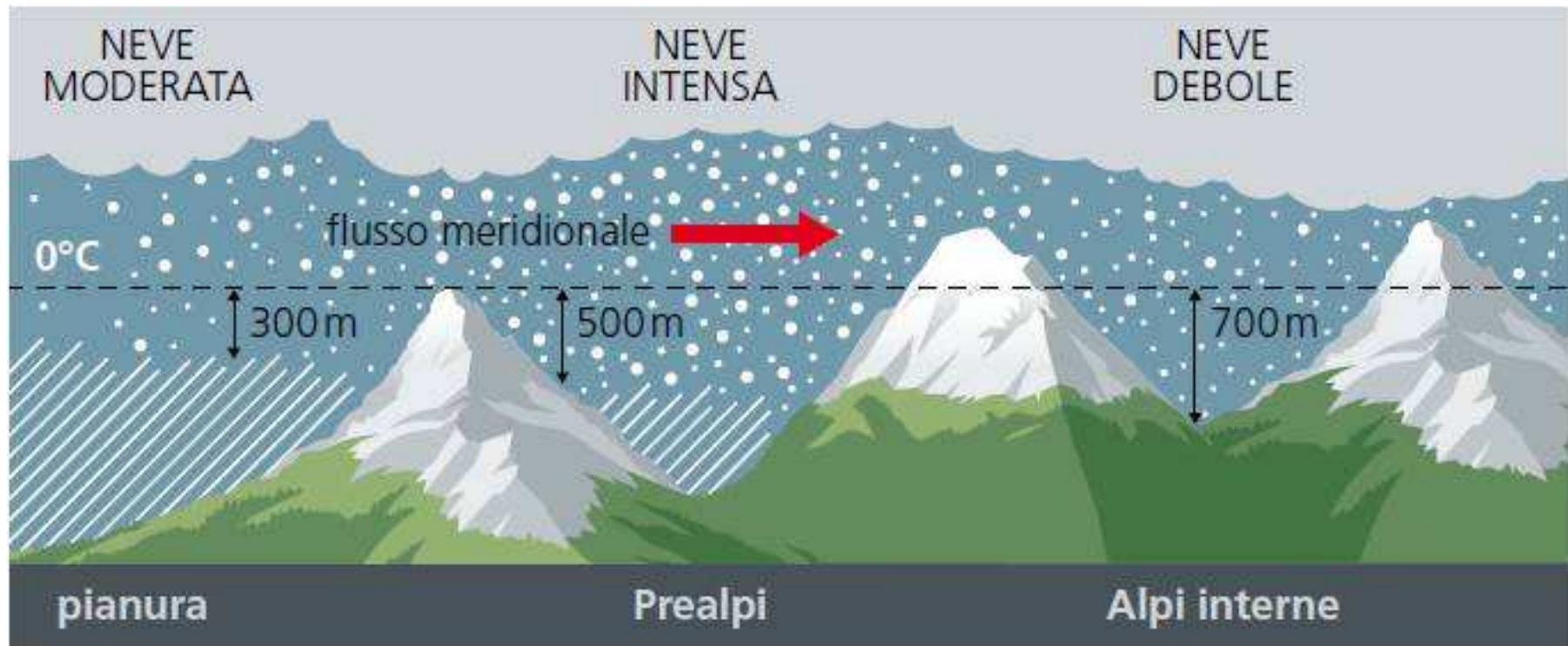
- **EROSIONE DELLO STRATO FREDDO NEI BACINI INTRA MONTANI O SULLA PIANURA PADANO VENETA**

Piove sul Grappa mentre a Feltre nevicata. Si alza lo zero termico nel settore caldo ma nelle aree chiuse non fa rimescolamento. Poi la perturbazione si chiude con il fronte freddo ma solleva e rimescola tutto ed erode il cuscinetto e la precipitazione si riallinea alla quota dello zero termico.



Dipendenza del limite della nevicata

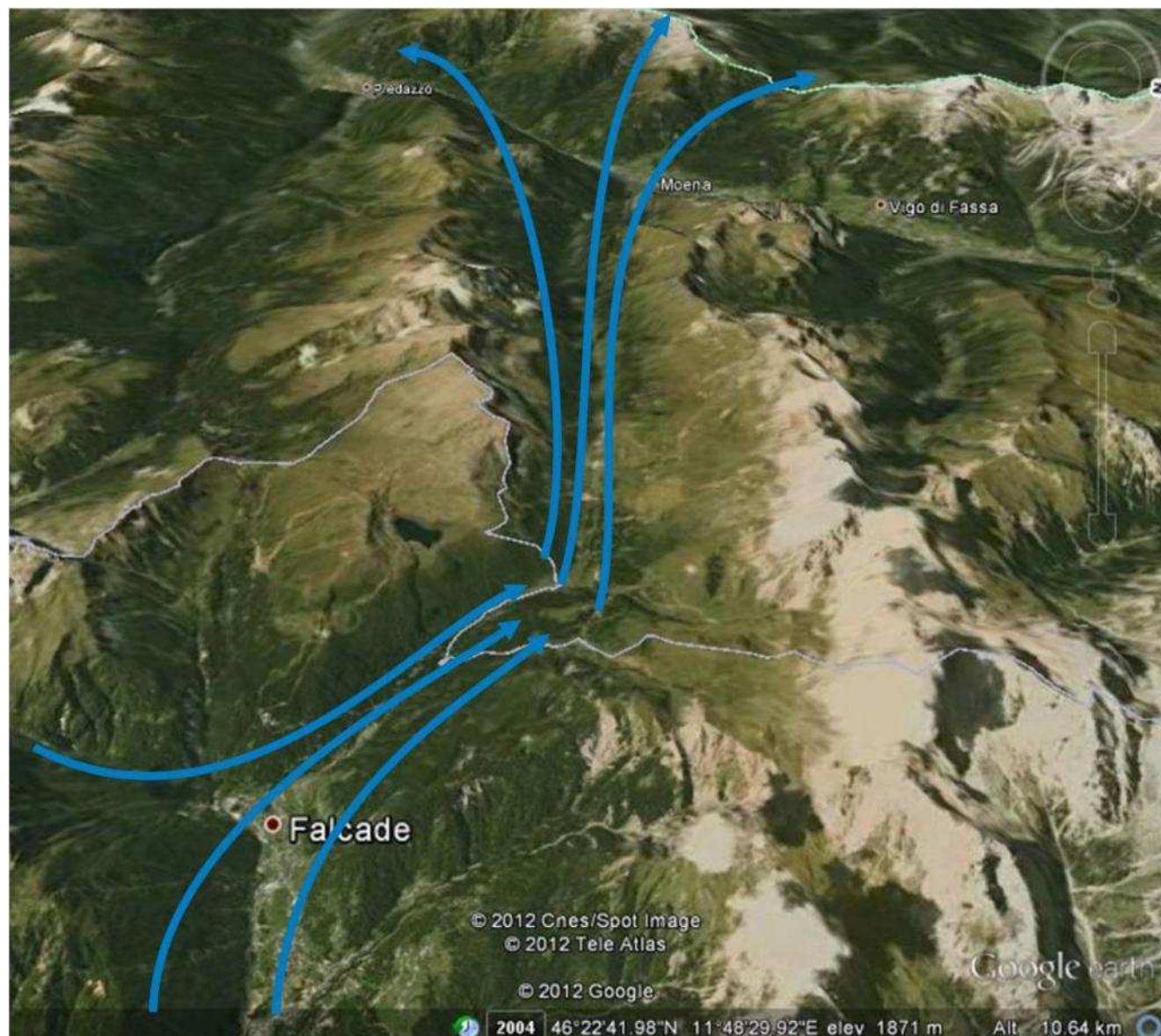
Posizione geografica



Flusso forte
Forte rimescolamento

L'aria calda passa
sopra

Meno sollevamento
Nevica meno



Componente orografica

Variazioni delle quantità di neve in relazione alle temperature e a volte in funzione di parte della Precipitazione sotto forma di pioggia (densità e SWE)

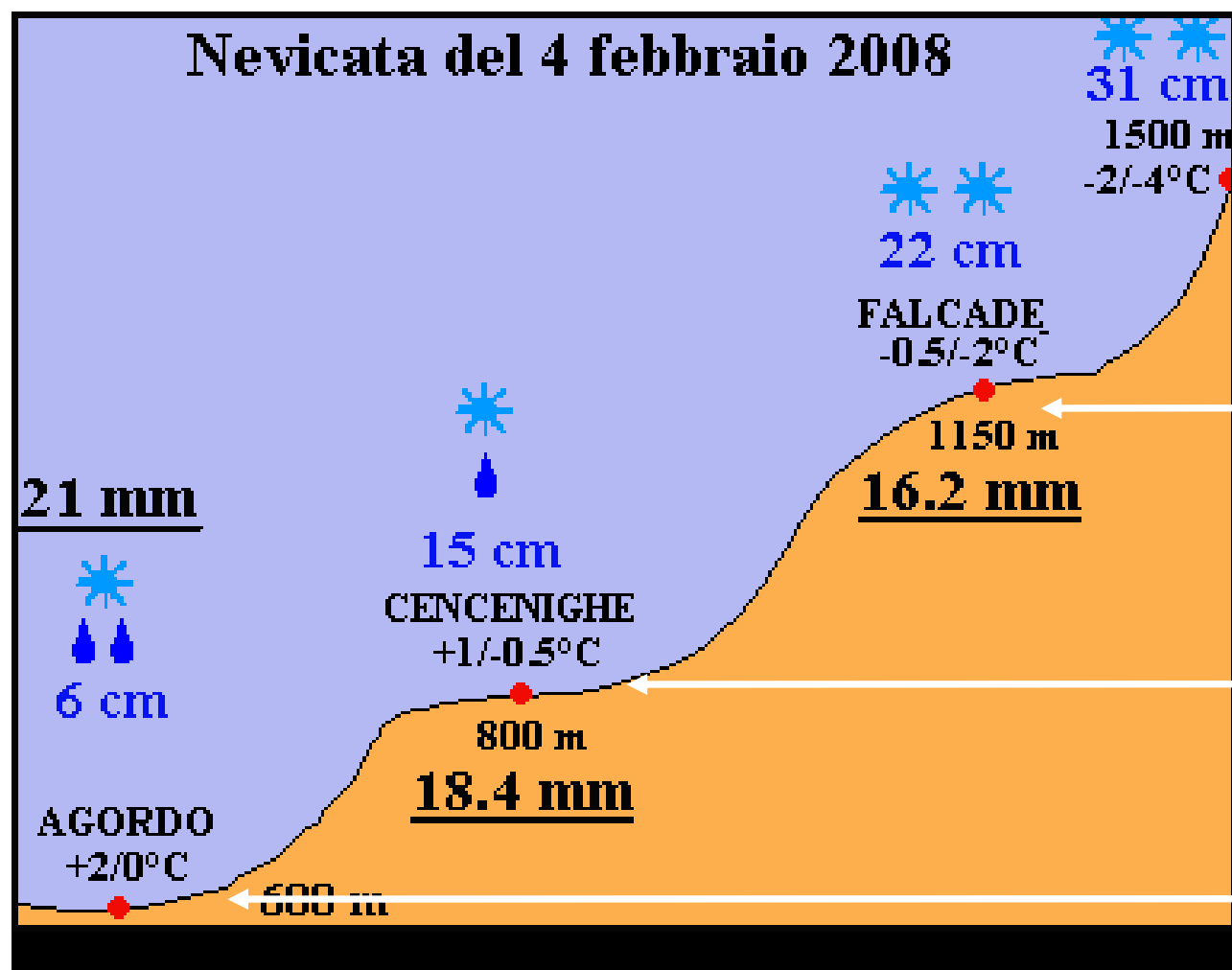
Densità della neve, temperatura aria, etc..

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/Kerkmann)

DURATA DELLE PREVISIONE

(in funzione delle esigenze dell'utente)

- *Nowcasting* (3/6 ore) (es. per Protezione Civile, eventi calamitosi)
- 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 (*Very Short Range Forecast*)

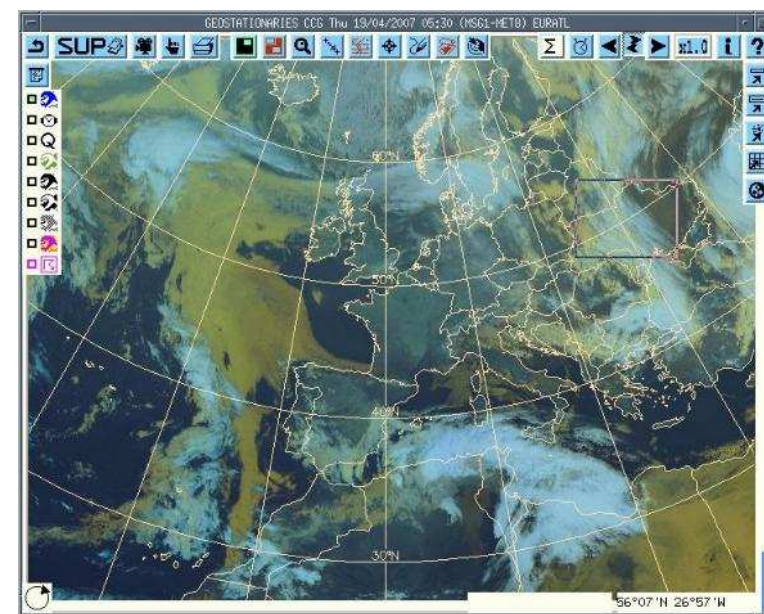
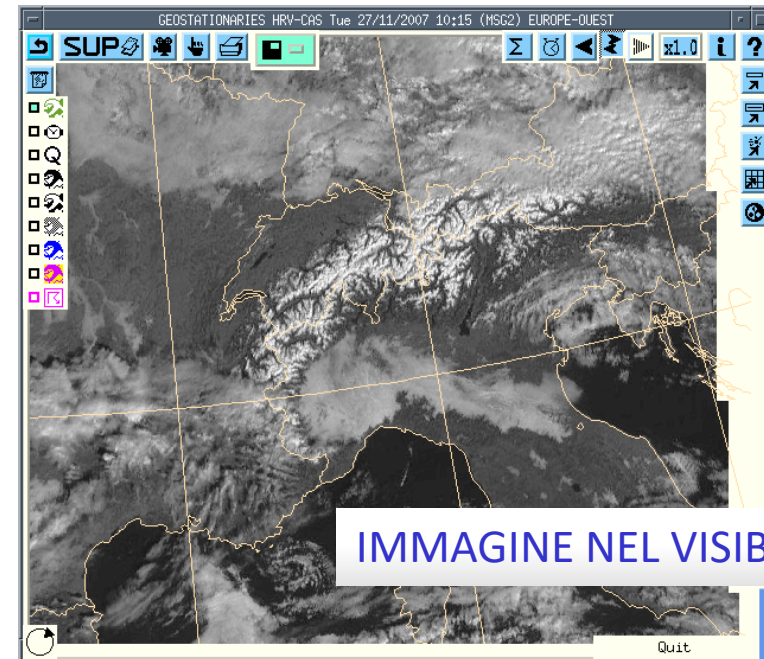
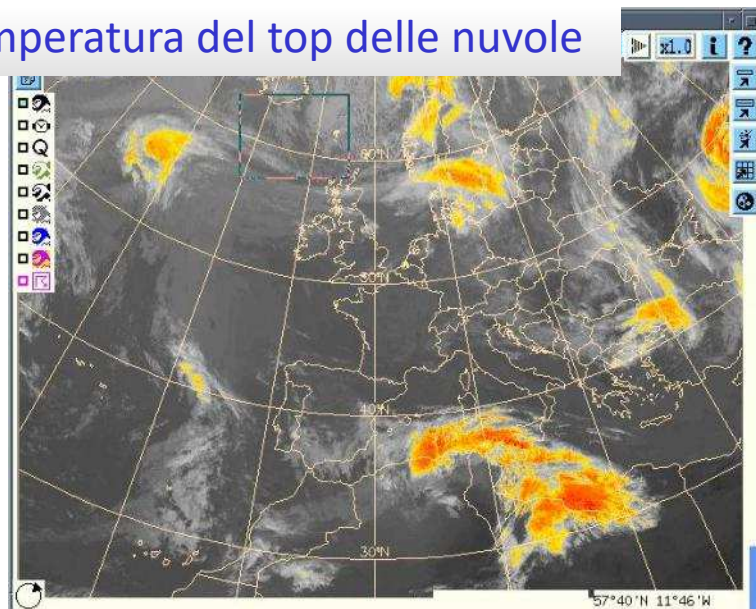
La previsione di brevissimo periodo viene fatta utilizzando prevalentemente l'osservazione diretta del tempo in atto:

- Immagini da satellite
- Radar
- Reti di stazioni automatiche
- Radiosondaggi
- Osservazioni dirette (*visive, web cam, etc..*)



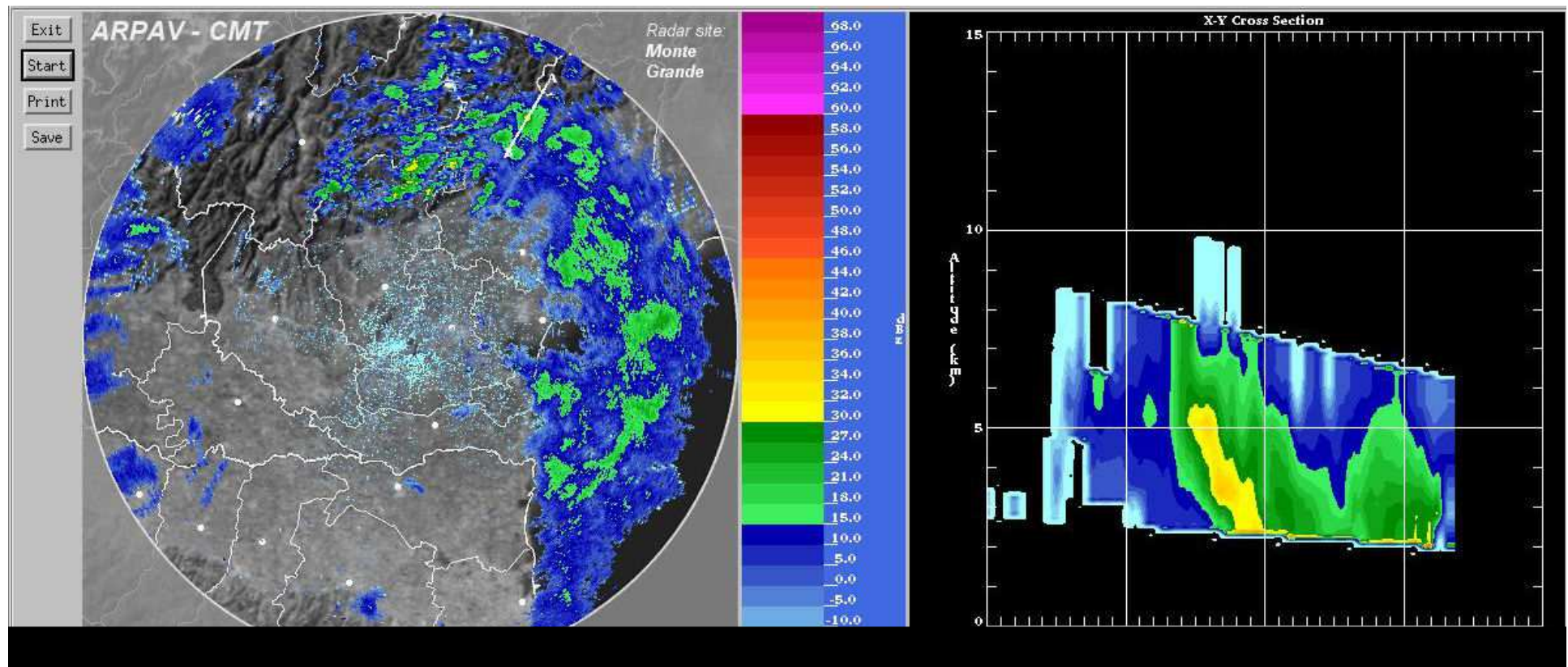
Immagini da satellite

IMMAGINE NELL INFRAROSSO
Temperatura del top delle nuvole



Immagini radar- dove sta piovendo? Quanta intensità?

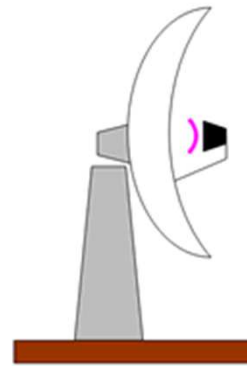
RADAR METEOROLOGICO: Il radar meteorologico è uno strumento che consente di rilevare la presenza di idrometeore (pioggia, grandine, neve). Tramite l'analisi del segnale ricevuto è possibile conseguire diverse informazioni circa l'insieme delle idrometeore osservate, come la loro distanza rispetto all'antenna 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.

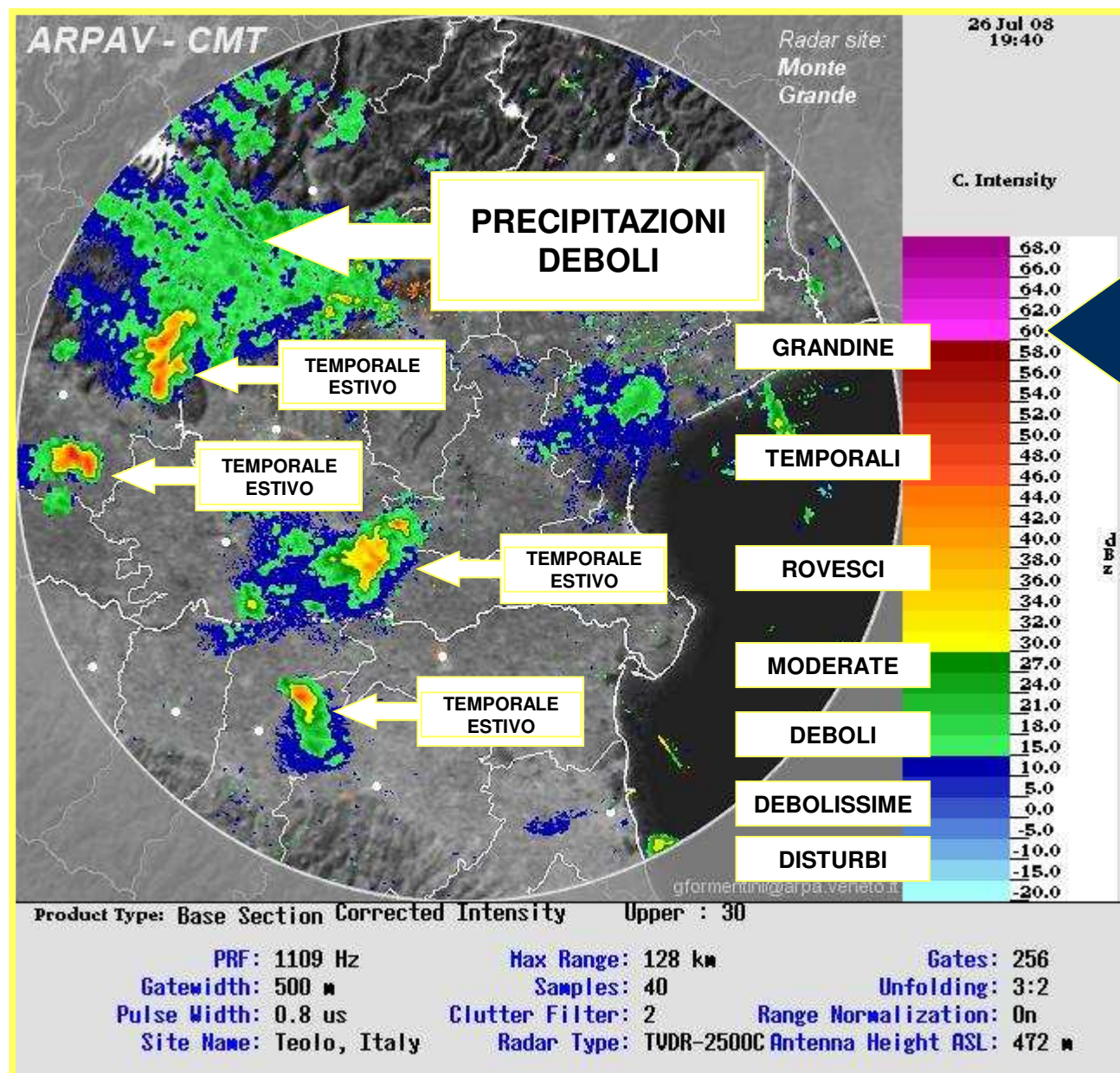


Immagini radar

Il principio di funzionamento del radar si basa sull'emissione di un impulso elettromagnetico nell'atmosfera.

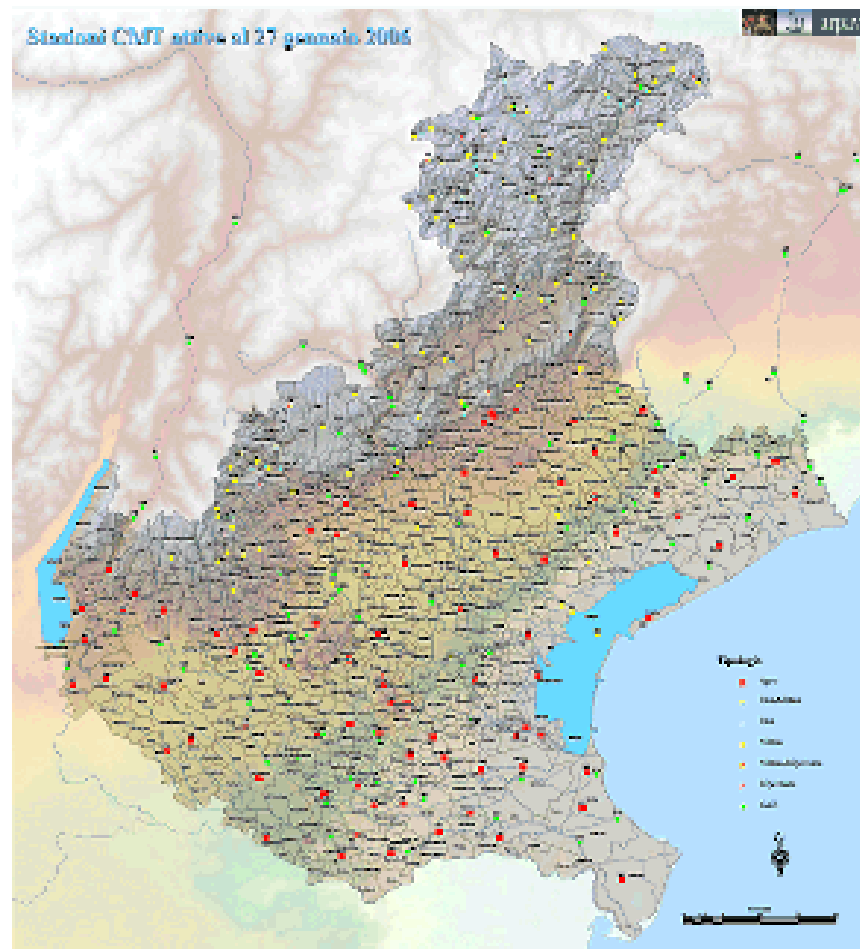
L'emissione degli impulsi, eseguita variando la direzione verso cui punta l'antenna, consente di indagare un determinato volume atmosferico (scansione volumetrica). **Ove siano presenti degli ostacoli, che nel caso meteorologico sono le precipitazioni, le onde elettromagnetiche vengono riflesse e ritornano 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

In inverno parte del segnale viene assorbito dalla neve e non riflesso e quindi spesso non vede le precipitazioni. Per questo verranno installati dei radar a Doppia polarizzazione.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

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.

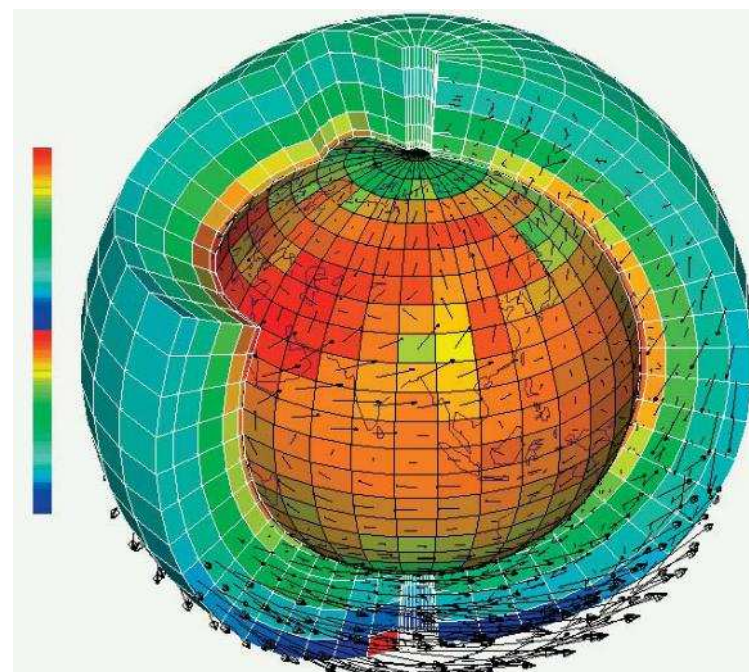
$$X_{t0} \rightarrow X_{t1} \rightarrow X_{t2} \dots\dots\dots X_{t\infty}$$

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

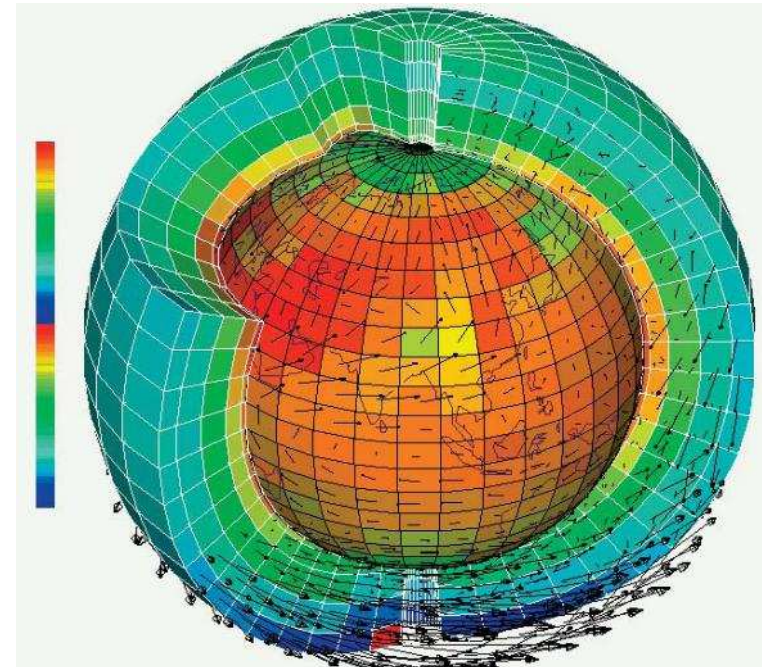
- Calcolare l'**evoluzione futura** del tempo conoscendo lo stato iniziale dell'atmosfera ed i meccanismi fisici e le equazioni che determinano i movimenti atmosferici ed i loro cambiamenti.
- **Algoritmi** (formule) che riproducono i comportamenti fisici degli elementi dell'atmosfera.





LIMITI INTRINSECI

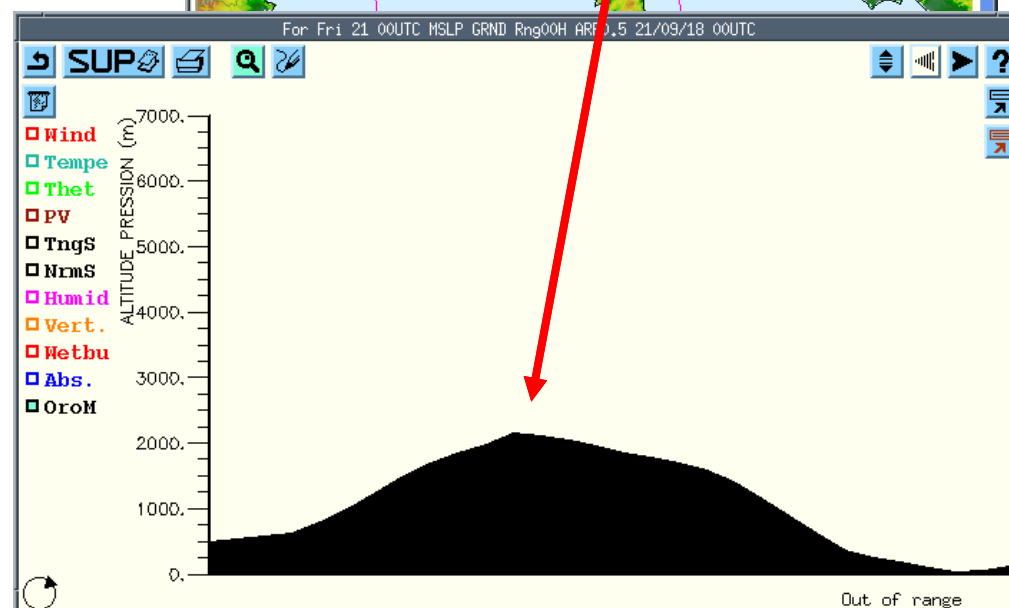
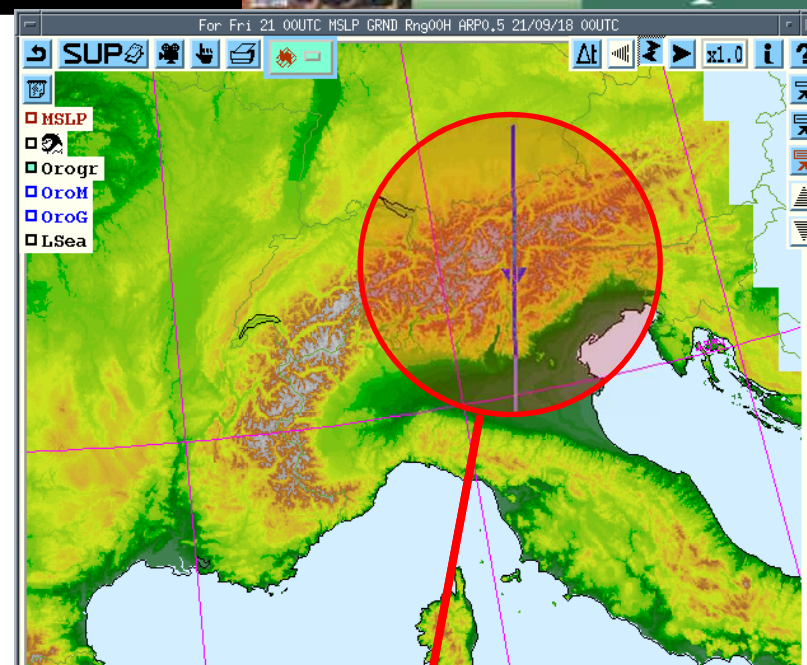
- Si attribuisce un valore (di un qualsiasi parametro misurato) ad un intorno che è necessariamente disomogeneo →
- Le formule devono essere semplificate prevalentemente per velocità di calcolo





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

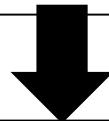
- risoluzione
- descrizione/conoscenza approssimata dei processi fisici
- metodi numerici



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

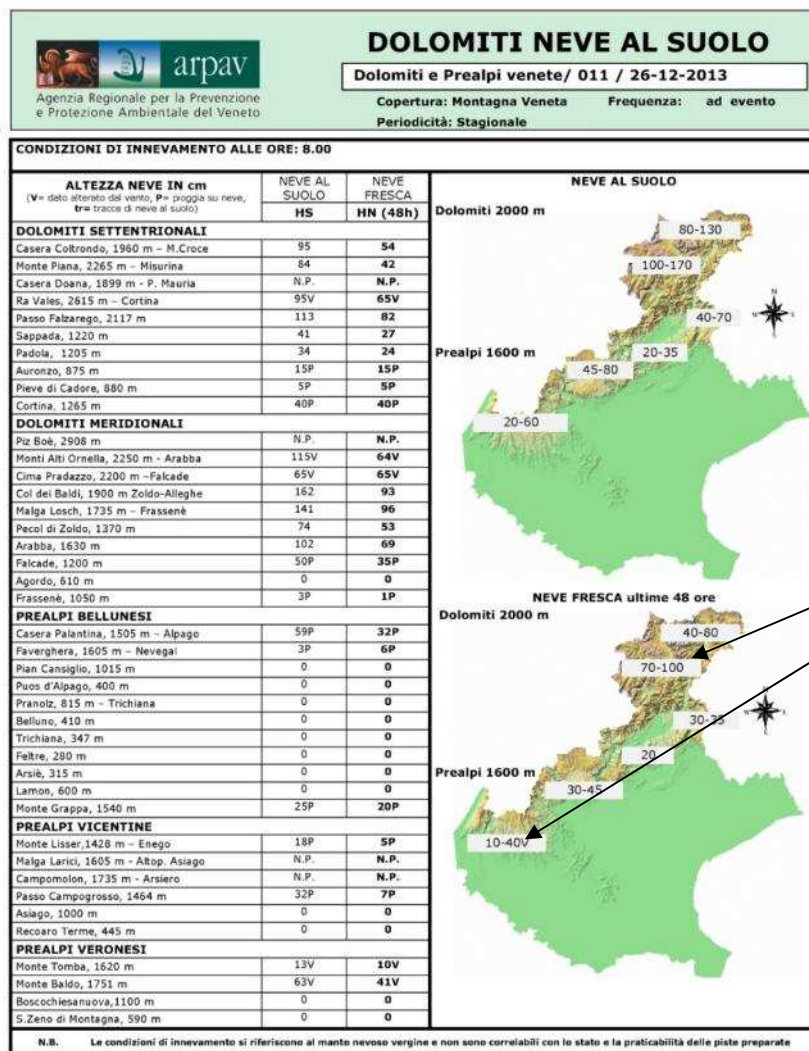


La previsione in montagna

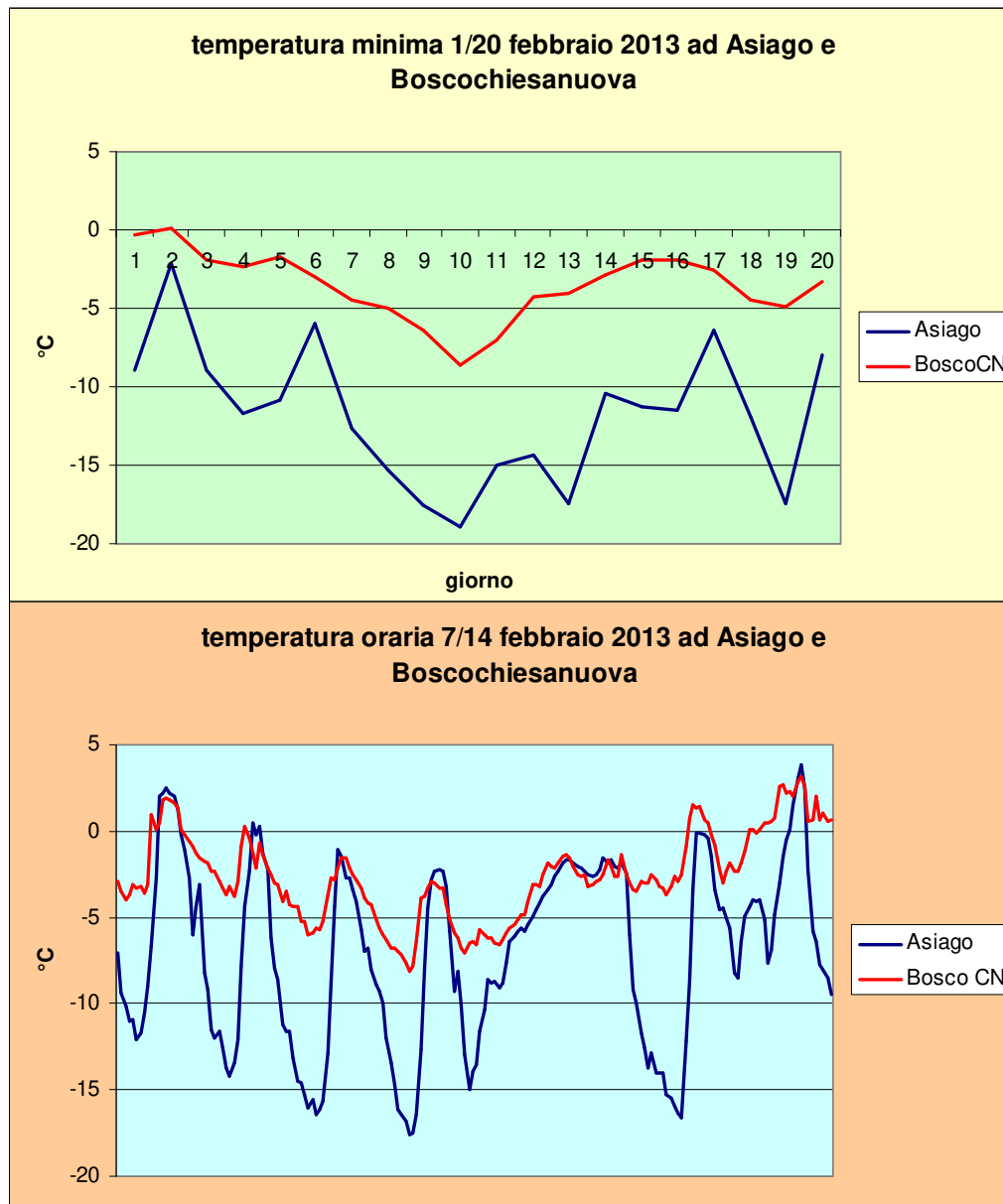
La previsione per un territorio montano complesso necessita di notevole **esperienza** da parte del previsore, e non può prescindere da un'approfondita conoscenza della **climatologia dinamica** della propria Regione.

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 nevicate nei diversi settori, o la precisa localizzazione delle aree temporalesche.

Bollettino della neve del Veneto



Irregolarità
degli apporti
nevosi
Occorre
conoscere il
territorio per
capire le
diversità



Previsione delle temperature per due località alla stessa quota e nella stessa fascia climatica (... conoscere il territorio..)

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 (non come il Boll. Valanghe che descrive anche i pericoli..)
- Le **figure** riportano generalmente solo il **tempo prevalente**
- E' necessario conoscere la **precisa localizzazione** per poter collocare correttamente la previsione (la regione, il bollettino locale)
- 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	lun
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 prelopi 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

Previsioni Locali per Venerdì 15 (ore 00-24) - servizio sperimentale												
Località	T Min C°	T Max C°	Stato del Cielo - Probabilità di precipitazione								Pioggia (mm)	Neve (cm)
			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:

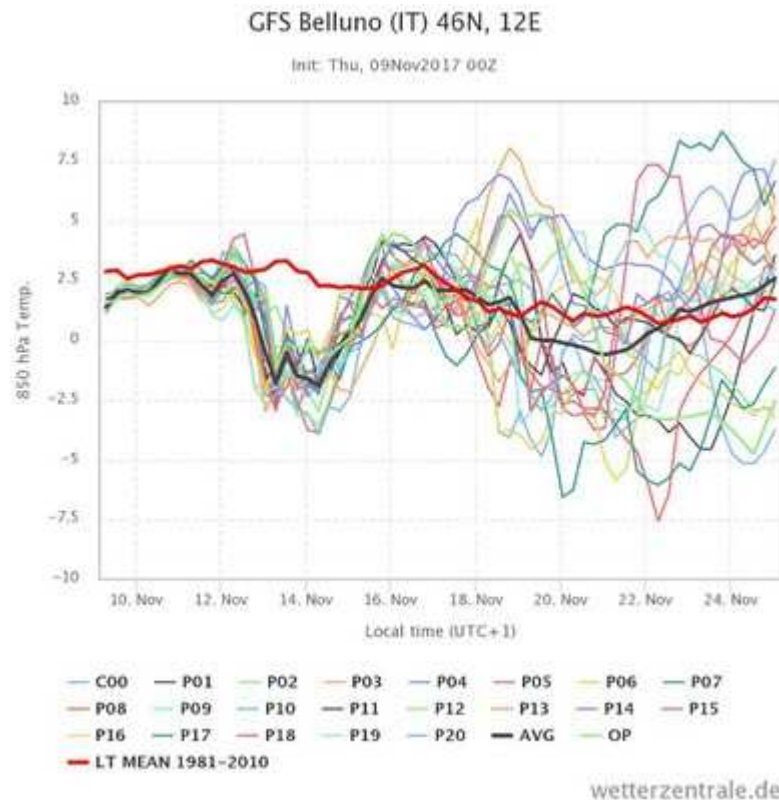
50% DI PROBABILITA' DI PRECIPITAZIONE PUO' SIGNIFICARE:

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 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.

L'uso delle App meteo per l'auto previsione di brevissimo periodo

Molte App, pubbliche o private, riportano la previsione per singole località, ora per ora, con dati di previsione molto dettagliati e quantitativi.

Questo tipo di previsione non può in nessun modo essere utilizzato per la previsione di brevissimo periodo

14		30°	 assente	↗ 5 km/h SSO	+
15		32°	 assente	↗ 6 km/h SO	+
16		31°	 0.3 mm	↗ 3 km/h SO	+
17		31°	 assente	↗ 5 km/h SO	+
18		29°	 assente	↙ 5 km/h NE	+
19		26°	 assente	↙ 6 km/h NNE	+
20		25°	 assente	↙ 5 km/h NNE	+
21		25°	 assente	← 3 km/h E	+

Molte App
riportano anche
immagini radar
in tempo reale

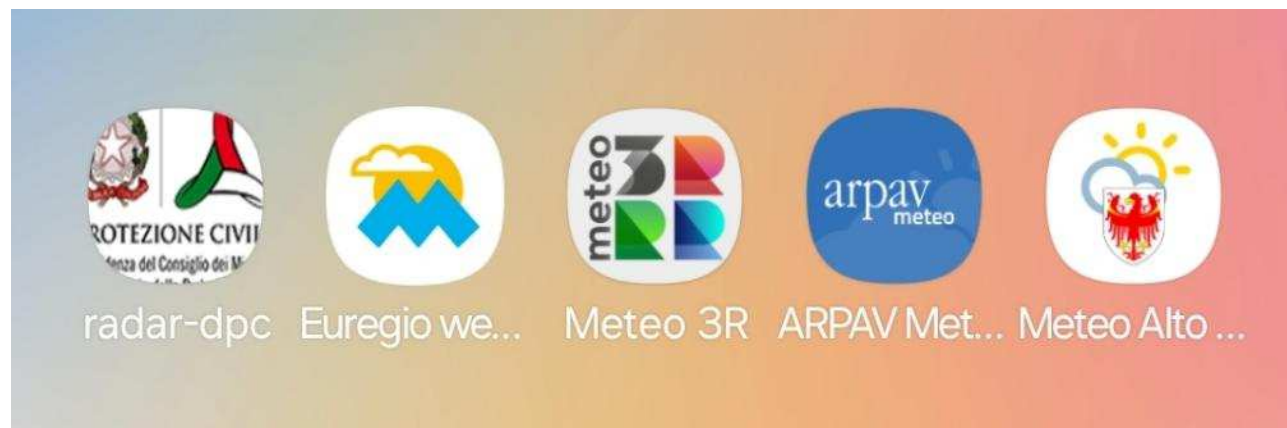
La corretta
interpretazione
dell'immagine
radar consente
una
«ragionevole»
auto previsione



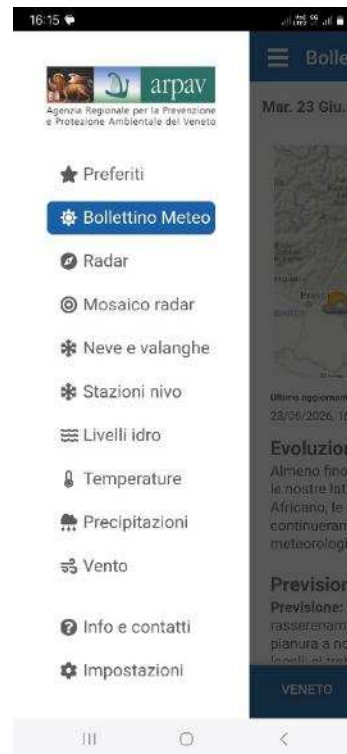
E' tuttavia necessario saper riconoscere innanzitutto il territorio e la posizione dei nuclei di precipitazione visibili, soprattutto se la visualizzazione avviene tramite smartphone, su schermi di piccole dimensioni.

E' inoltre necessario poter individuare direzione di movimento delle celle e intensificazione o decadimento delle stesse

ARPAV propone un'APP meteo, che contiene di fatto i bollettini previsionali, ma dà anche accesso alle immagini del mosaico radar che copre l'intera regione; altri siti istituzionali danno una serie di informazioni e perlopiù anch'essi accesso alle immagini radar, centrate sulle regioni di pertinenza



L'App di ARPAV



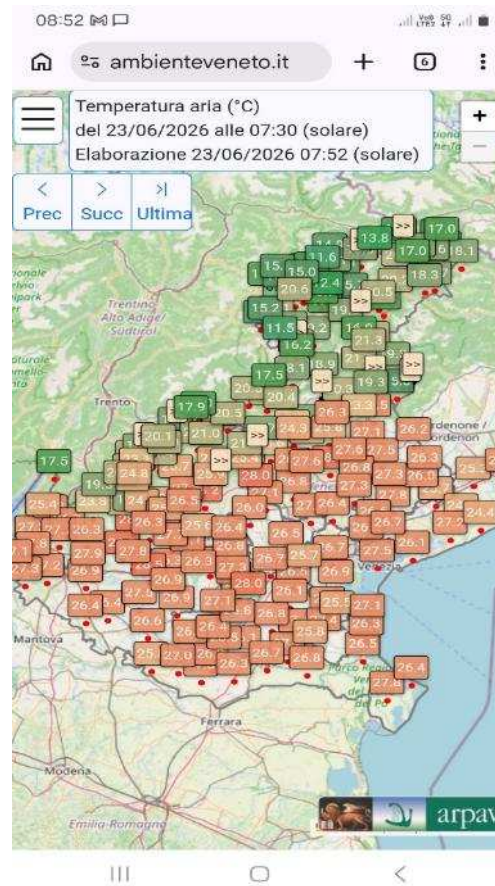
Alcune App forniscono mappe di previsione di precipitazione a brevissimo periodo, o attraverso tool di propagazione delle immagini radar, o attraverso l'aggiornamento costante di modelli di previsione di precipitazione a scala locale.

Nel primo caso la simulazione ha durata limitata e tiene difficilmente conto dell'evoluzione delle celle temporalesche, indicandone solitamente solo un probabile tracking.

Nel secondo caso il modello necessita di rappresentare correttamente la situazione in atto per dare un'idea dello sviluppo successivo

Altre informazioni in
tempo reale

www.ambienteve

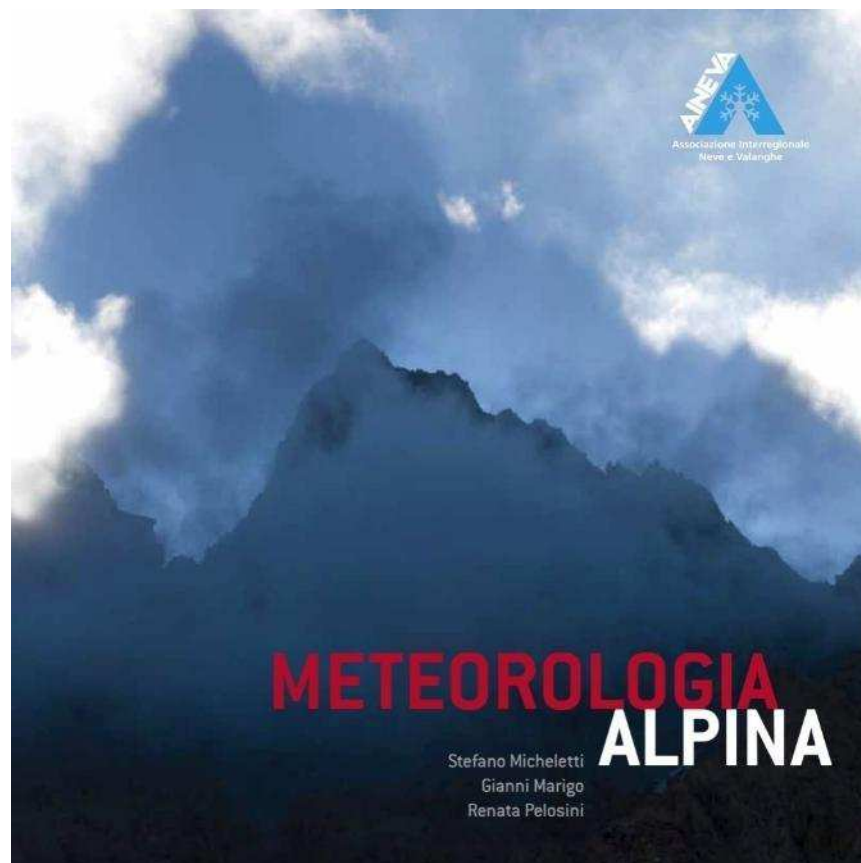


Valori estremi e totali di oggi

Valori dalle 00:00 alle 14:30 (solari) del giorno 24/06/2026

Premi sull'intestazione della colonna per ordinare le stazioni su tale colonna.

Nome stazione ▲	Altitudine (m s.l.m.)	Provincia	Ultima temperatura (°C)	Temperatura minimale (°C)	Temperatura massimale (°C)	Humindex ⁽³⁾	Precipitazioni ⁽²⁾ cumulate (mm)	Raffica vento ⁽¹⁾ (km/h)
Adria - Bellombra	-1	ROVIGO	34.2	23.3	34.3	41.3	0.0	25.2 Grafico
Agna	1	PADOVA	34.5	23.2	34.7	42.8	0.0	Grafico
Agno a Ponte Brogliano	155	VICENZA	33.7	23.0	34.8		0.0	Grafico
Agno a Recoaro Terme	471	VICENZA	30.4	18.5	30.6		0.0	Grafico
Agordo	585	BELLUNO	29.4	16.0	29.9	38.6	0.0	26.3 Grafico
Andraz - Cernadoi	1520	BELLUNO	25.3	12.5	25.3	28.6		Grafico
Arabba	1642	BELLUNO	22.8	14.1	23.2	25.1	0.0	19.8 Grafico
Arcole	27	VERONA	35.3	23.5	35.3	42.6	0.0	20.5 Grafico
Asiago - aeroporto	1016	VICENZA	25.3	13.1	26.4	31.5	0.0	25.2 Grafico
Astico a Lugo di Vicenza	143	VICENZA					0.0	Grafico





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://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://charts.ecmwf.int/>

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

<https://www.reggioemiliameteo.it/osservazioni-radar.php>

[Radar Meteo Italia Protezione Civile » ILMETEO.it](#)

<https://weather.com/it->

[IT/weather/radar/interactive/I/d9757035e2ef0af7210add6da3b2df750e3fbbe180dae3069be3f46eb376997b](https://weather.com/it-IT/weather/radar/interactive/I/d9757035e2ef0af7210add6da3b2df750e3fbbe180dae3069be3f46eb376997b)

<https://www.meteotrentino.it/index.html#!/content?menuItemDesktop=125>

<https://www.meteotrentino.it/index.html#!/content?menuItemDesktop=161>

<https://map.blitzortung.org/#6.89/46.206/10.801>

<http://www.centrometeo.com/situazione-tempo-reale/attivita-temporalesca>

<https://www.3bmeteo.com/radar/italia/nord+ovest>



Grazie per l'attenzione

