



Mauro.valt@gmail.com

Meteorologia alpina di mauro valt

<http://www.sentieronivologico.it/didattica-neve/collegio-maestri-sci-marche>



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 Collegio Maestri delle Marche

• **Mauro Valt**



Si ringrazia Robert Luciano Thierry e Gianni Marigo per la condivisione delle slide

Sommario

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

Meteorologia

la scienza che si occupa del tempo attuale

“Il tempo che ti aspetti”

Il “tempo meteorologico” è lo stato dell’atmosfera al tempo presente, quello che sta accadendo ora!

Il “tempo meteorologico” cambia in ogni istante, a volte minuto dopo minuto, con variazioni repentine.

Climatologia

la scienza che si occupa di descrivere le
variazioni del tempo su un periodo molto lungo,
almeno 30 anni!

“Il clima è quello che avrai”

“Clima” è un termine generico che significa **tempo meteorologico medio** su un lungo periodo temporale riferito ad un’area che generalmente è molto più estesa dell’area di interesse della meteorologia.

“Clima” sono le condizioni meteorologiche “medie” di una regione, quello che ci si può aspettare mediamente



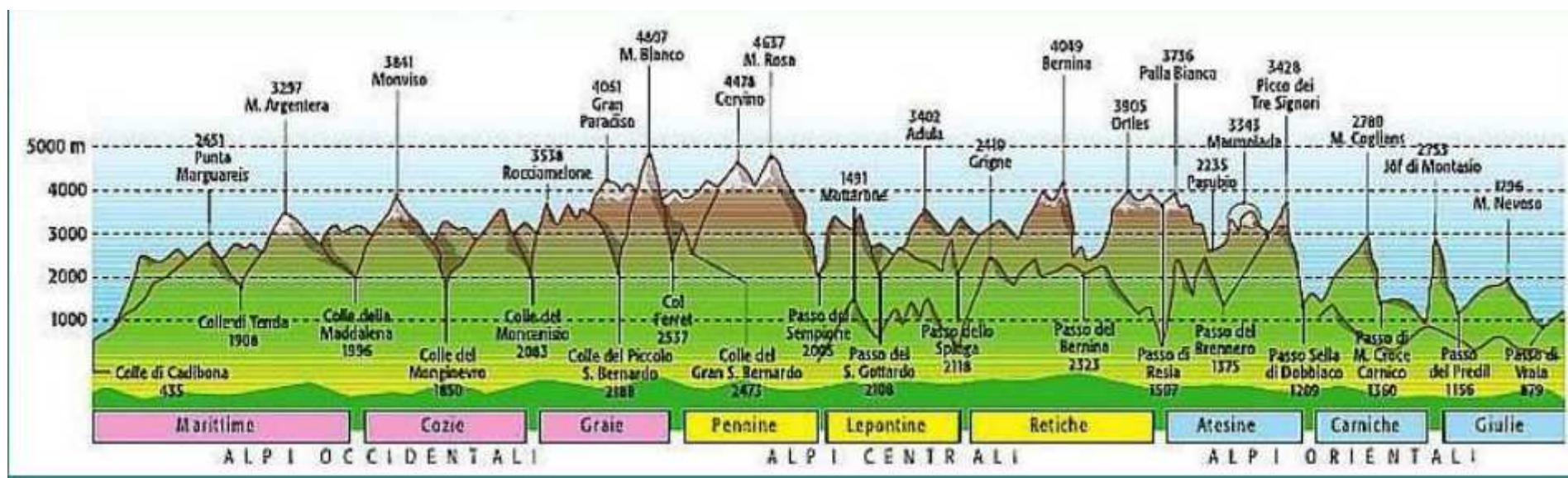
Le situazioni meteorologiche sulle Alpi

- ✓ 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



Le situazioni meteorologiche sulle Alpi

- ✓ 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 aereologiche e fisiche importanti sulle masse d'aria che devono scavalcare l'ostacolo montano



Le situazioni meteorologiche sugli Appennini

Gli Appennini, per la loro posizione Nord-Est Sud Est, incuneati fra il mar Adriatico e il Mar Tirreno, sono interessati 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,

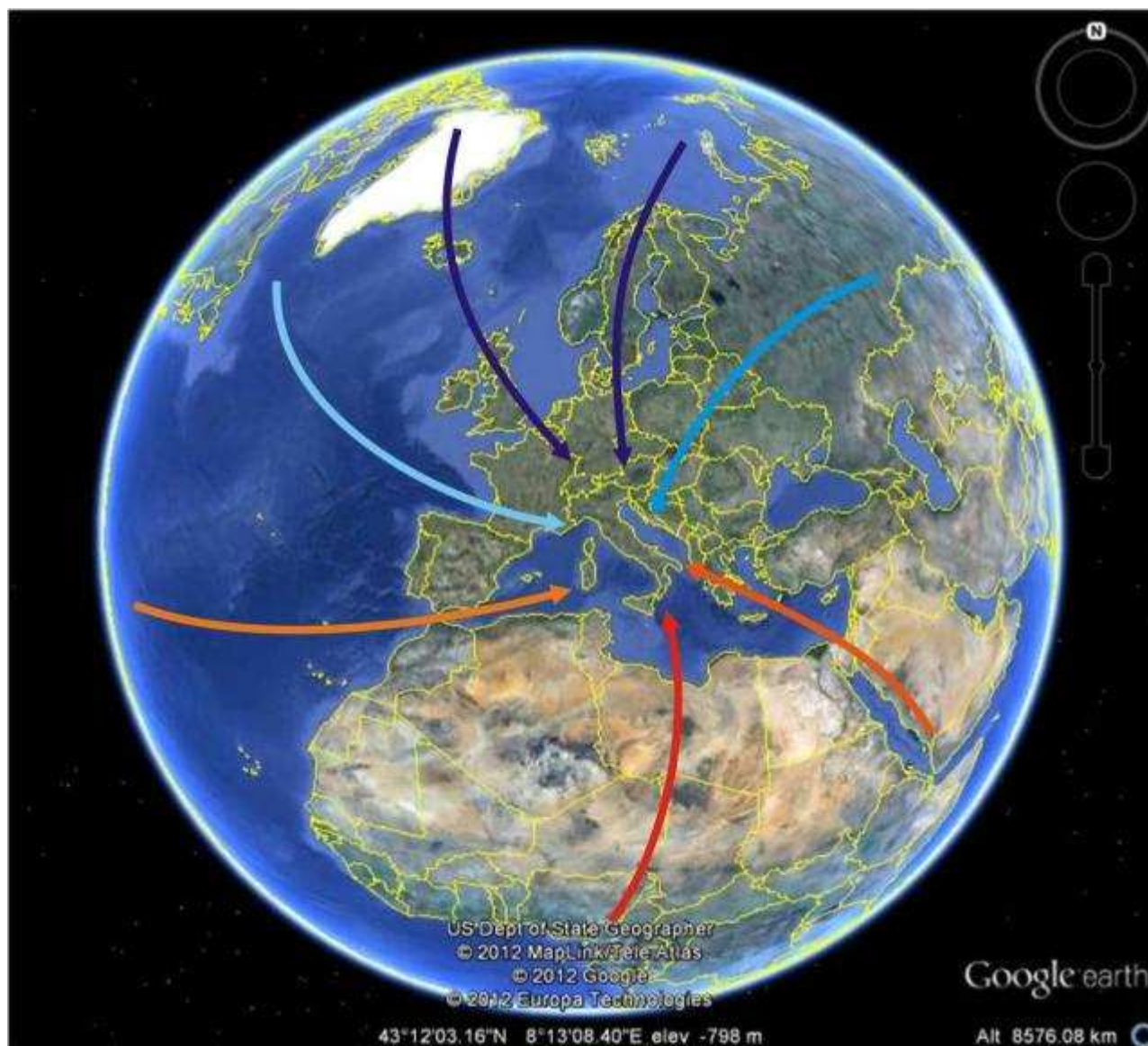


Le situazioni meteorologiche sugli Appennini

- ✓ L'orografia e l'altitudine degli Appennini, inoltre, creano un effetto barriera piuttosto rilevante per i flussi da Est e quelli da W oppure da S in Liguria, con differenze notevoli di precipitazioni fra i 2 versanti



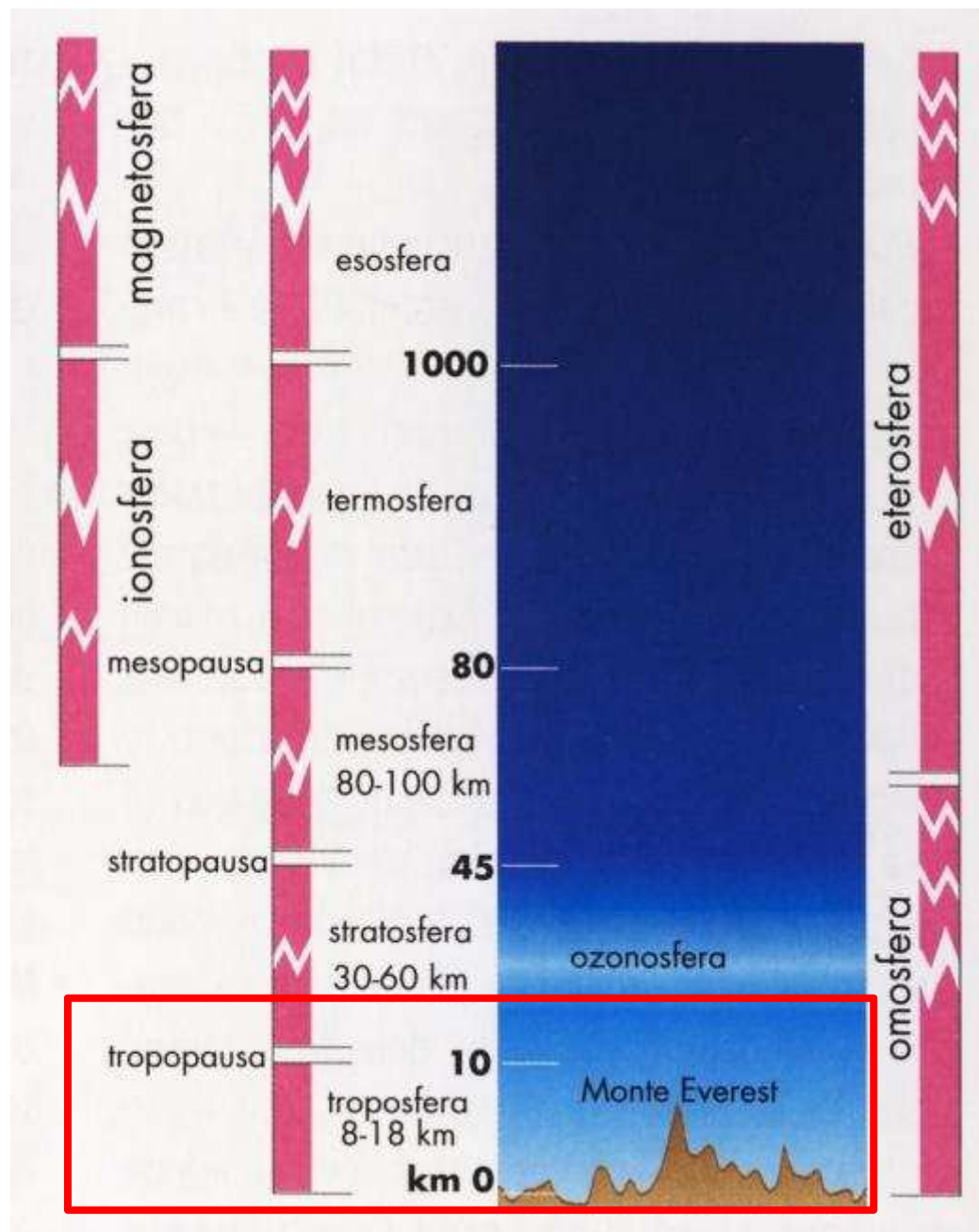
Origini delle masse d'aria



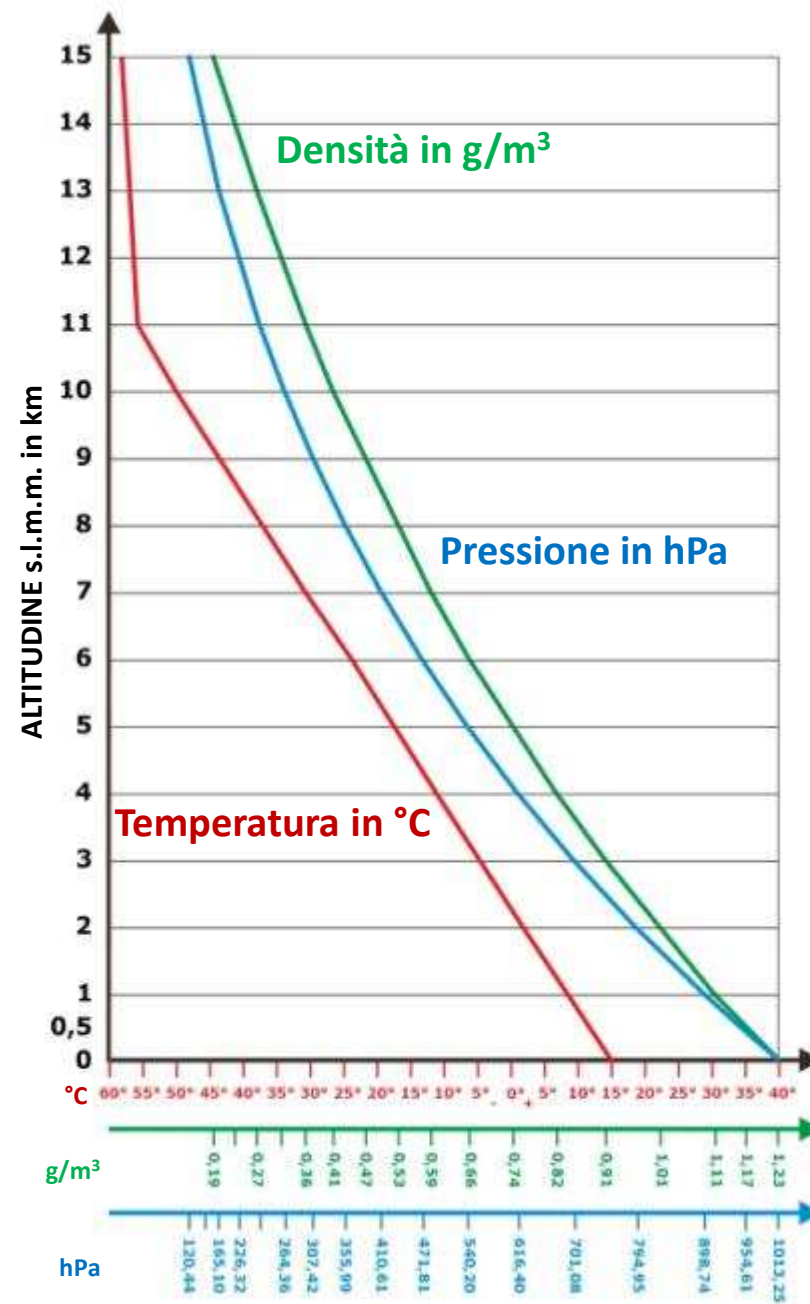
Pressione atmosferica

Alcuni concetti di base

STRUTTA DELL'ATMOSFERA



PARAMETRI TROPOSFERICI



La Pressione Atmosferica

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

Unità di misura:

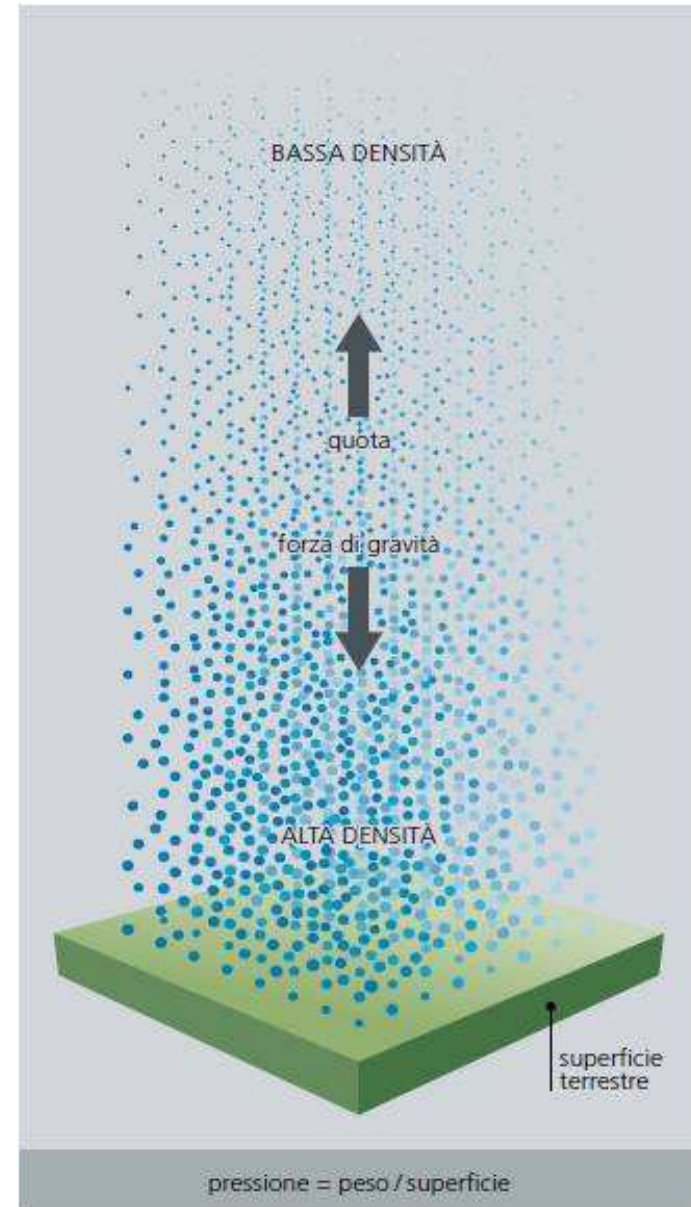
$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ mb} = 0.001 \text{ Bar}$$

Andamento con la quota:

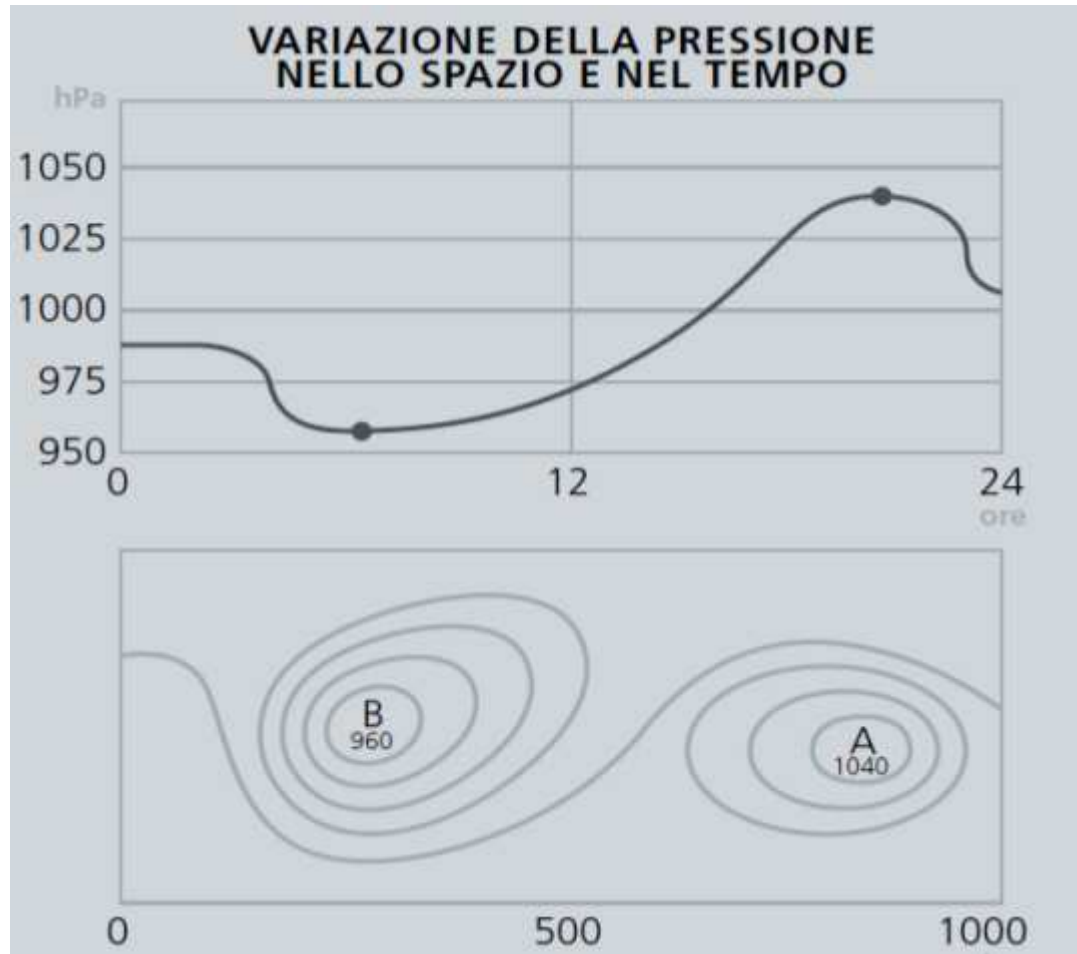
$$p = p_0 \exp [-0.0034 (z - z_0)/T]$$

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



Variazione nello spazio e nel tempo

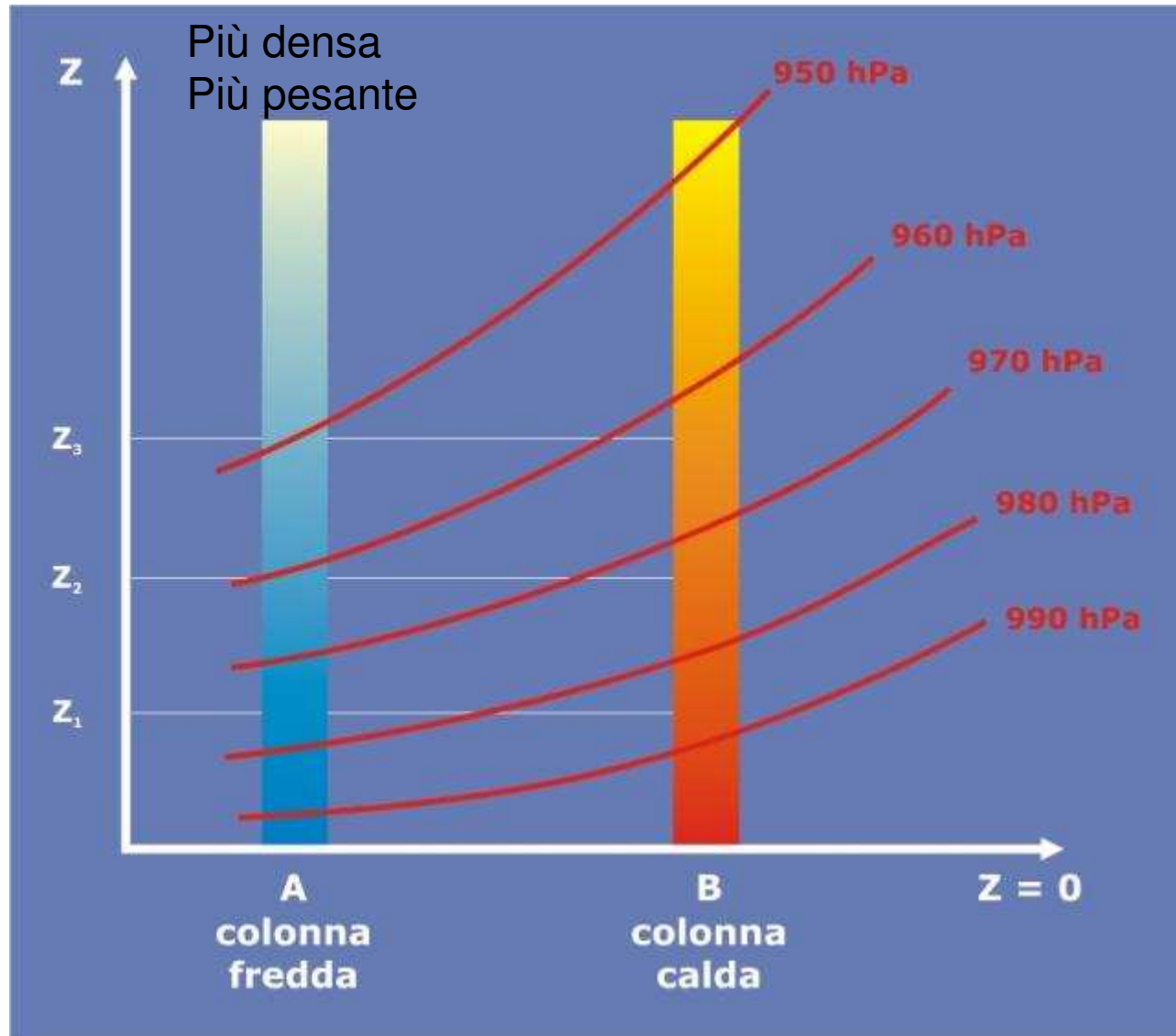


Variazione nello spazio e nel tempo

La pressione al livello del mare non è affatto stazionaria, ma varia nello spazio e nel tempo in funzione della presenza di strutture meteorologiche come i cicloni (= zone di bassa pressione o depressioni) e gli anticicloni (= zone di alta pressione).

● Spostandosi geograficamente da un profondo ciclone ad un robusto anticiclone, la pressione può assumere un valore generalmente compreso tra 950 hPa e 1050 hPa.

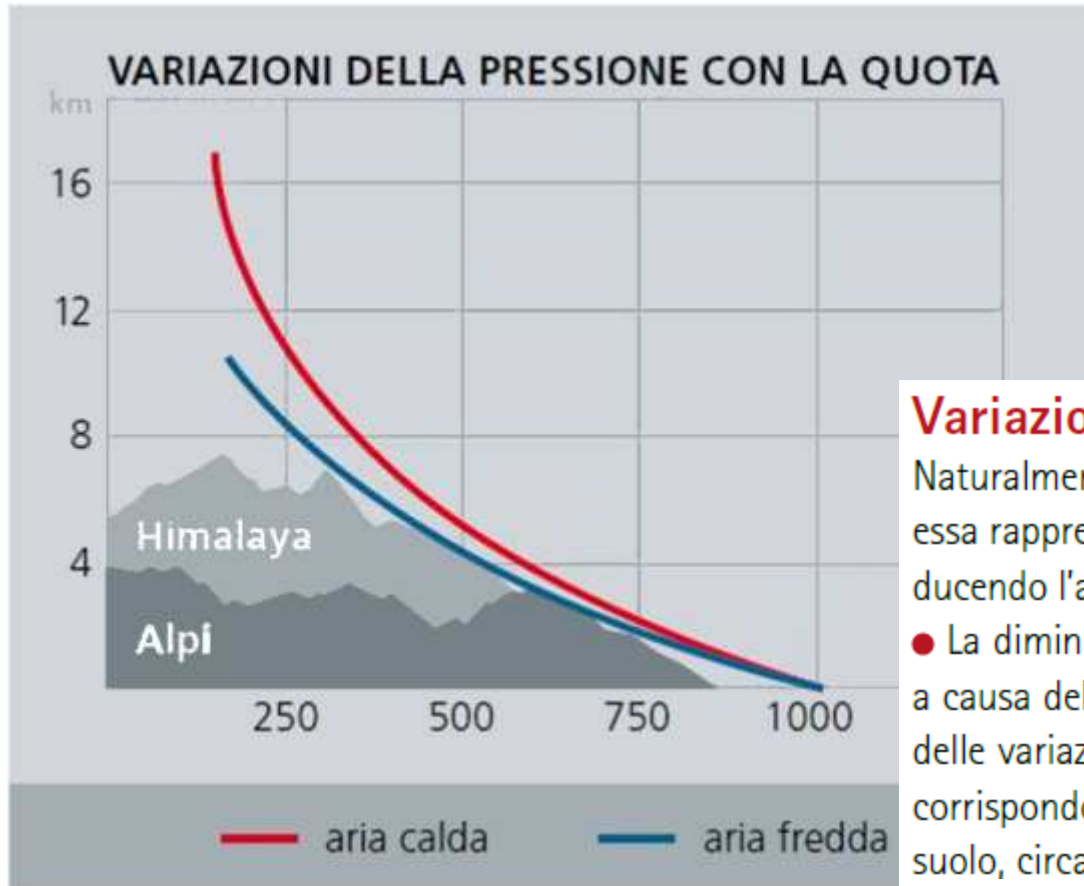
Variazione con la Temperatura



Masse d'aria **con temperature differenti**

presenteranno anche densità differenti e pertanto il **medesimo valore** di pressione, in ciascuna colonna, sarà misurabile a quote tra loro differenti. **Tale differenza di quota determina un gradiente di pressione** e conseguentemente innescherà moti di masse d'aria tesi a riequilibrare questi squilibri.

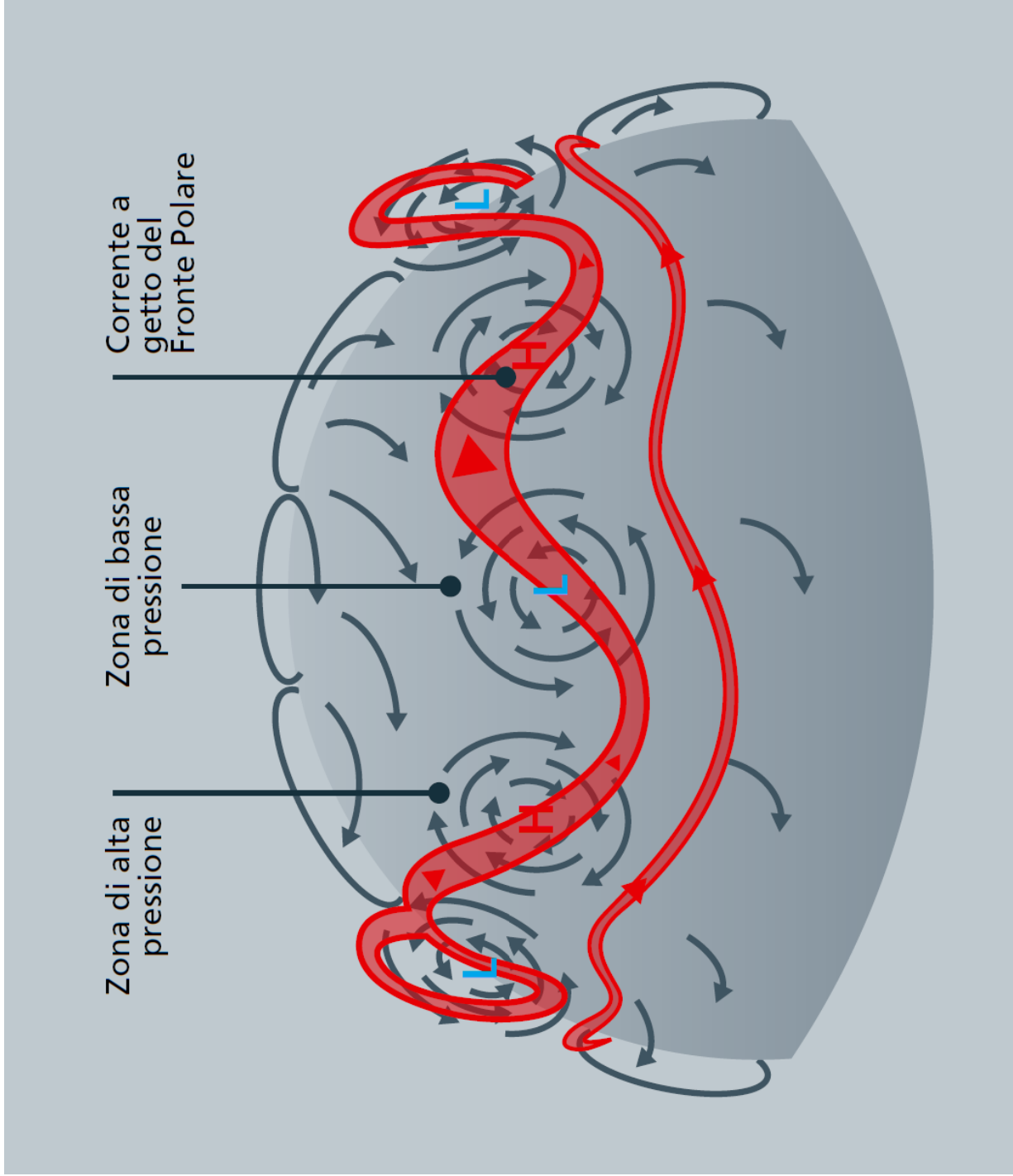
Variazione con la quota



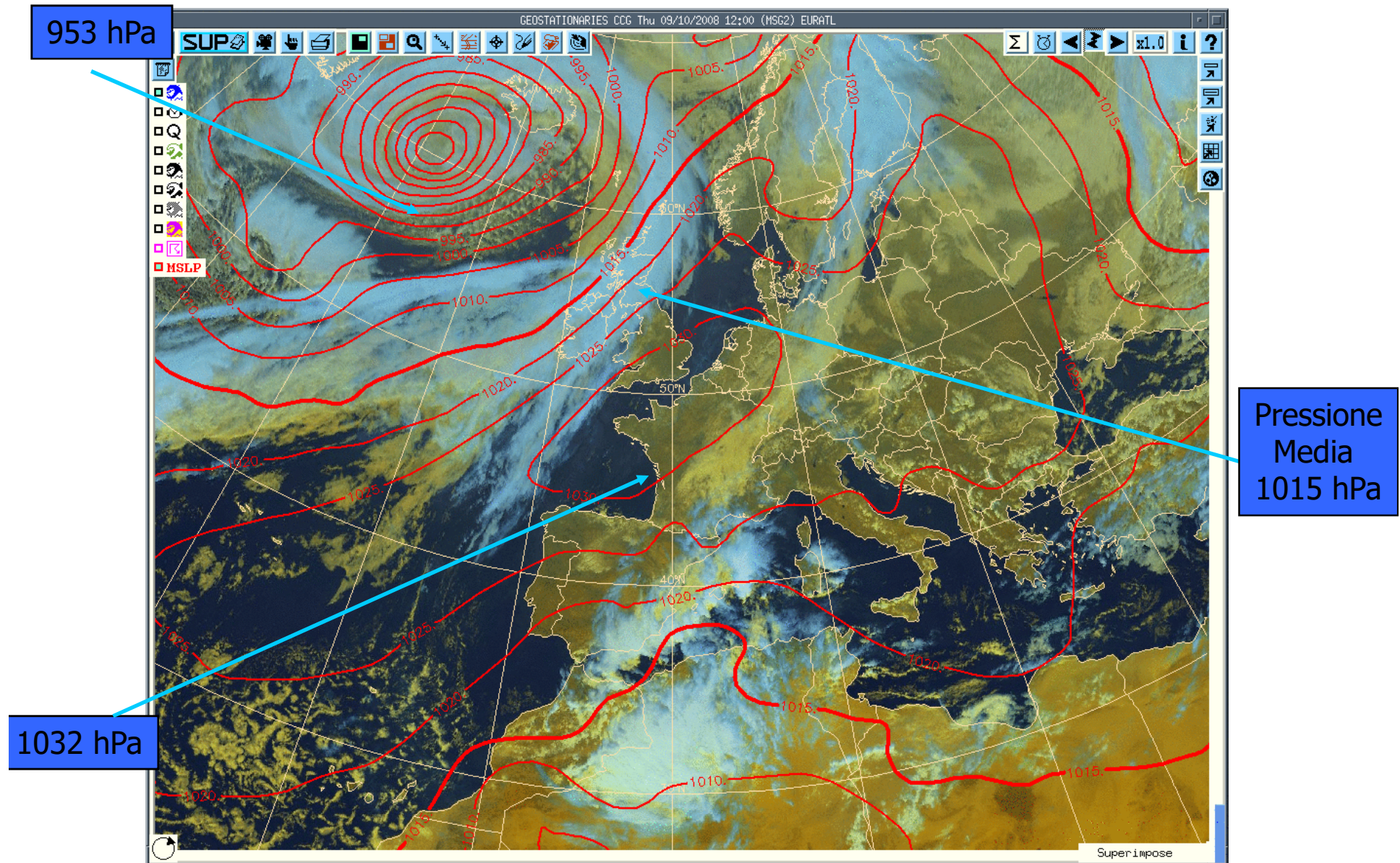
Variazione altitudinale

Naturalmente, la pressione varia anche con la quota: poiché essa rappresenta il peso della colonna d'aria sulla superficie, riducendo l'altezza della colonna il suo peso diminuisce.

- La diminuzione della pressione con la quota non è costante, a causa della corrispondente riduzione della densità dell'aria (e delle variazioni di umidità): ad ogni 100 metri di innalzamento corrispondono circa 12 hPa di diminuzione negli strati vicino al suolo, circa 10 hPa a 1500 metri di quota e circa 8 hPa a 3000 metri, fino a circa 2-3 hPa a 10 km di altezza. Mediamente, si può approssimare a circa 9,3 hPa ogni 100 m.
- Nell'aria fredda, che è più densa (cioè più pesante), la variazione della pressione con la quota è maggiore che nell'aria calda, perché a parità di innalzamento "togliamo" più peso.



Anticiclone e depressioni COME RICONOSCERLI?



Anticiclone e depressioni

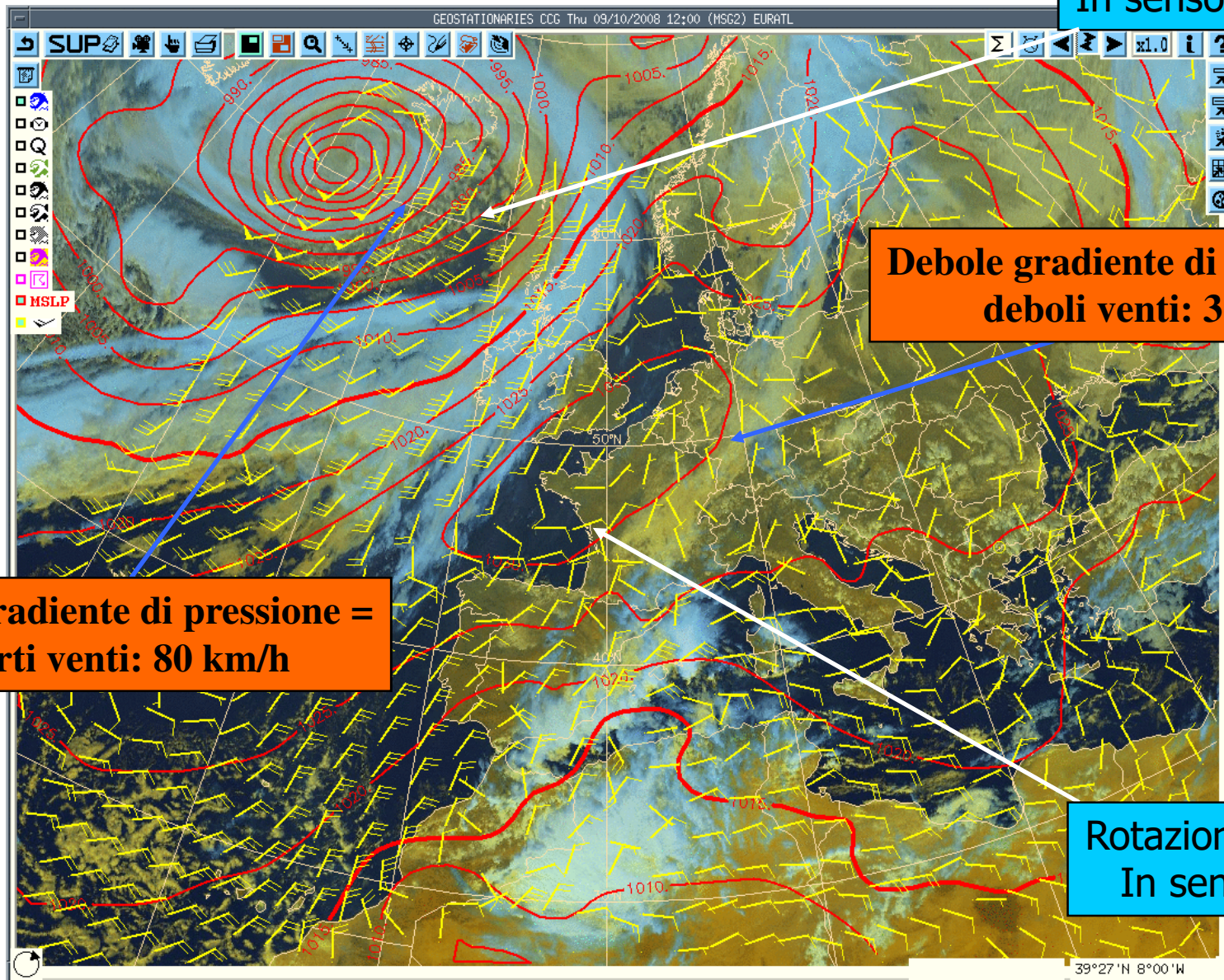
COME RICONOSCERLI?

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 depressioni

Circolazione tridimensionale

ANTICICLONE =

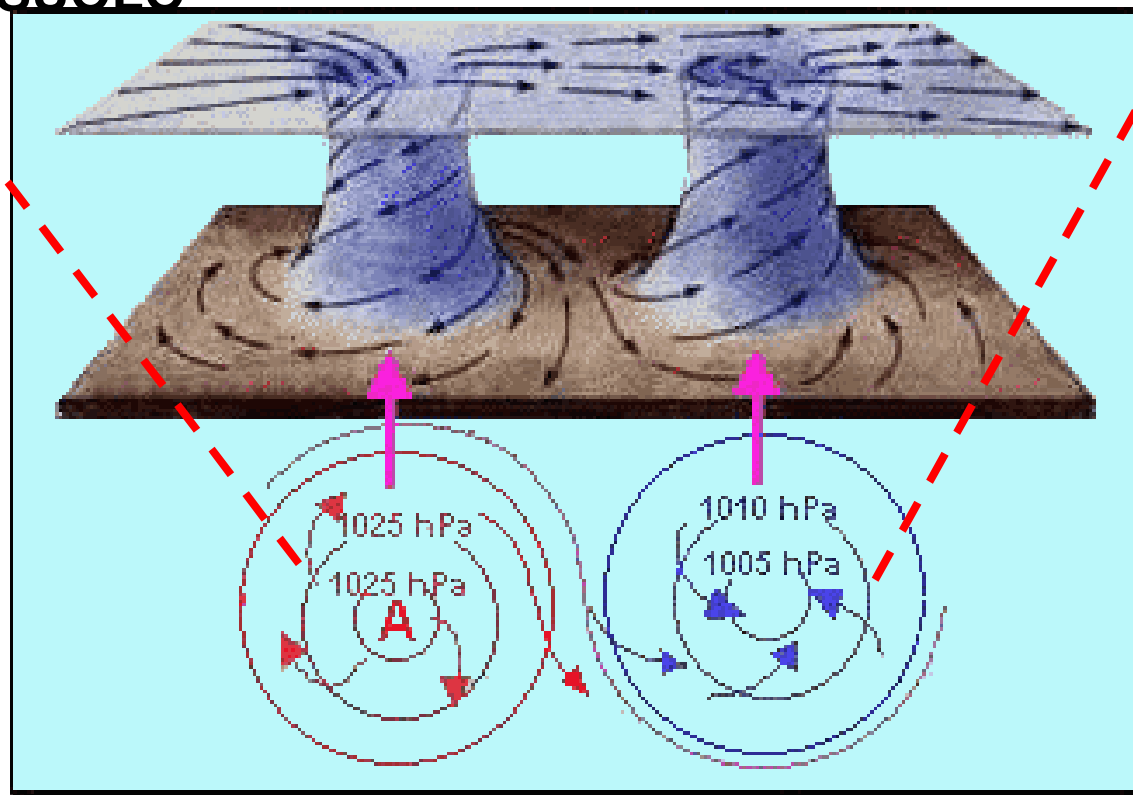
Convergenza in IN ALTA QUOTA ed
avvitamento dell'aria verso il basso il
senso orario

**DIVERGENZA AL LIVELLO DEL
SUOLO**

DEPRESSIONE =

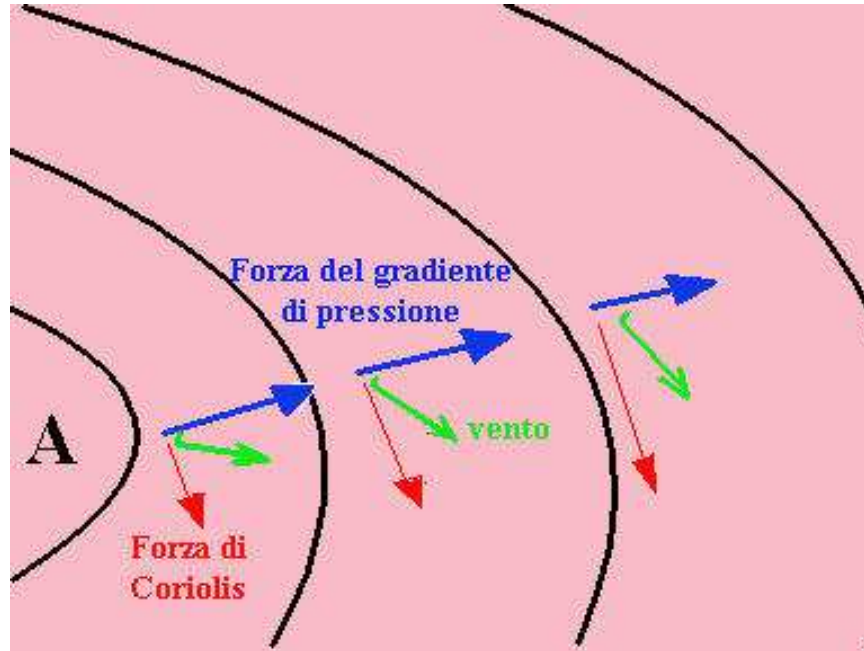
Convergenza nei NEI BASSI STRATI
ATMOSFERICI e moto verticale
verso l'alto in senso antiorario

DIVERGENZA IN ALTA QUOTA



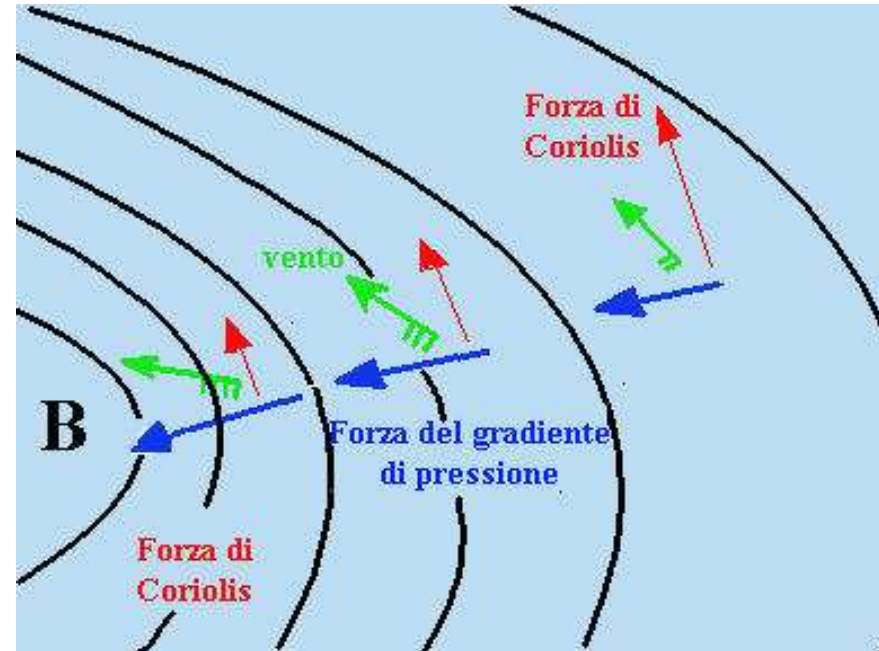
I venti - Direzione e forza

Alta pressione



In un'alta pressione la forza di gradiente è orientata verso l'esterno (minore pressione: centrifuga), mentre la forza di Coriolis devia il flusso verso destra; di conseguenza il vento risultante ruota in senso orario.

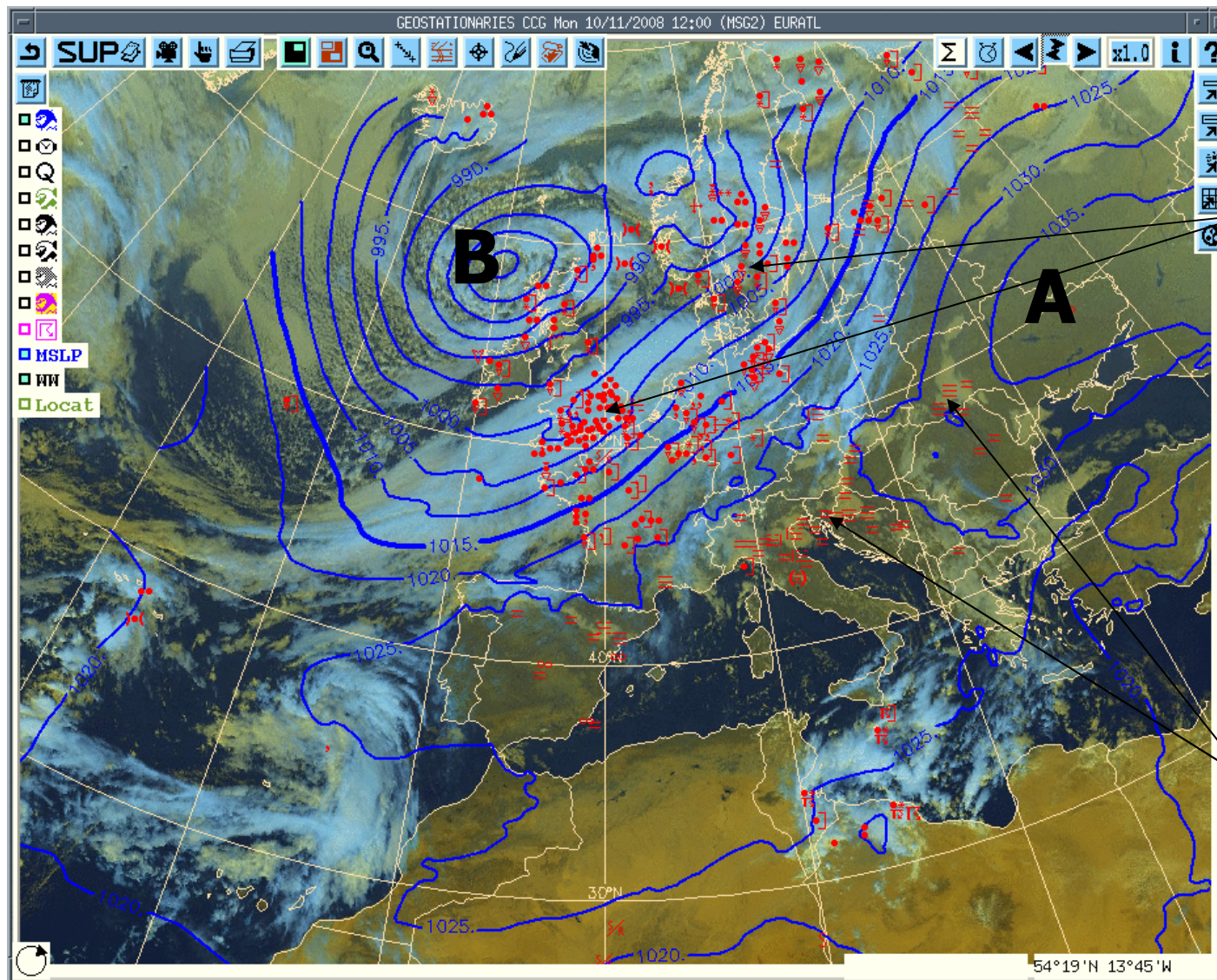
Bassa pressione



In una bassa pressione la forza di gradiente è orientata verso il centro della depressione (minore pressione: forza centripeta), mentre la forza di Coriolis devia il flusso verso destra; di conseguenza il vento risultante ruota in senso antiorario.

Anticiclone e depressioni

Il tempo collegato (non sempre)



BASSA PRESSIONE
Simbolo delle piogge
e dei rovesci

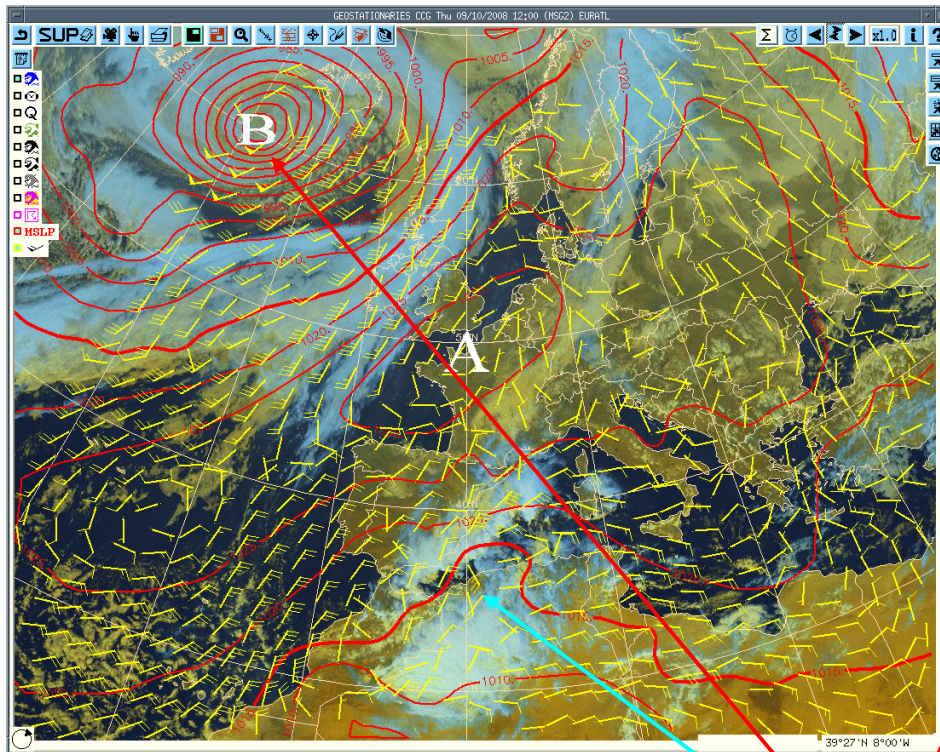
Situazione del 10 novembre
2008 Alle ore 12 UTC

ALTA PRESSIONE
Simbolo delle nebbie
o nubi basse

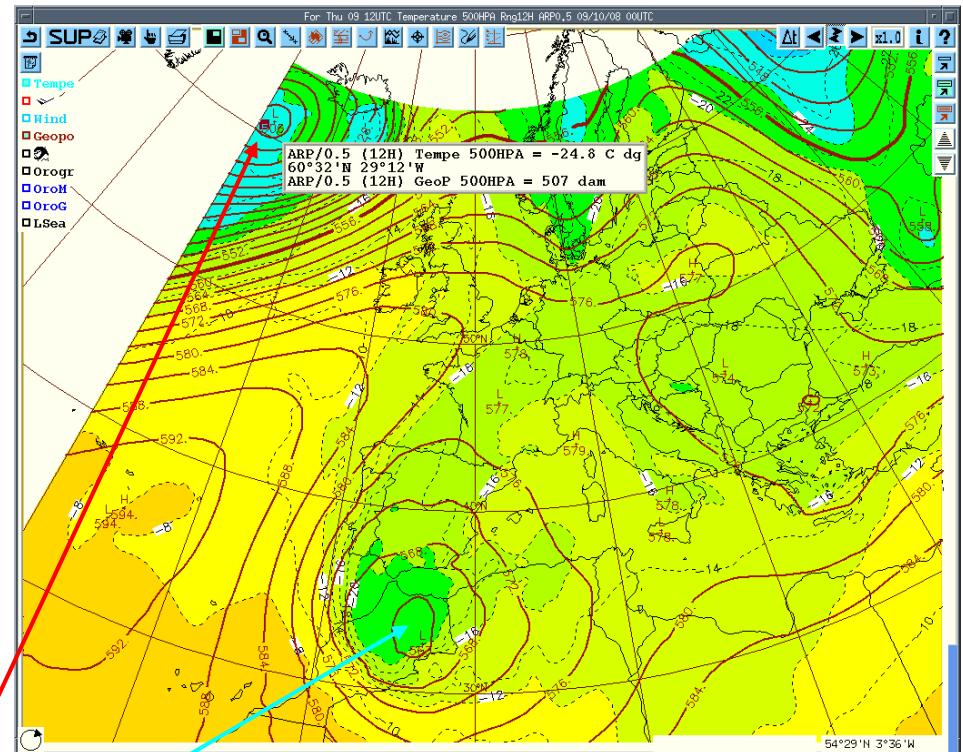
ANTICICLONE E **DEPRESSIONE**

COME RICONOSCERLI?

Carta al suolo



Carta al 500 hPa (5600 m)



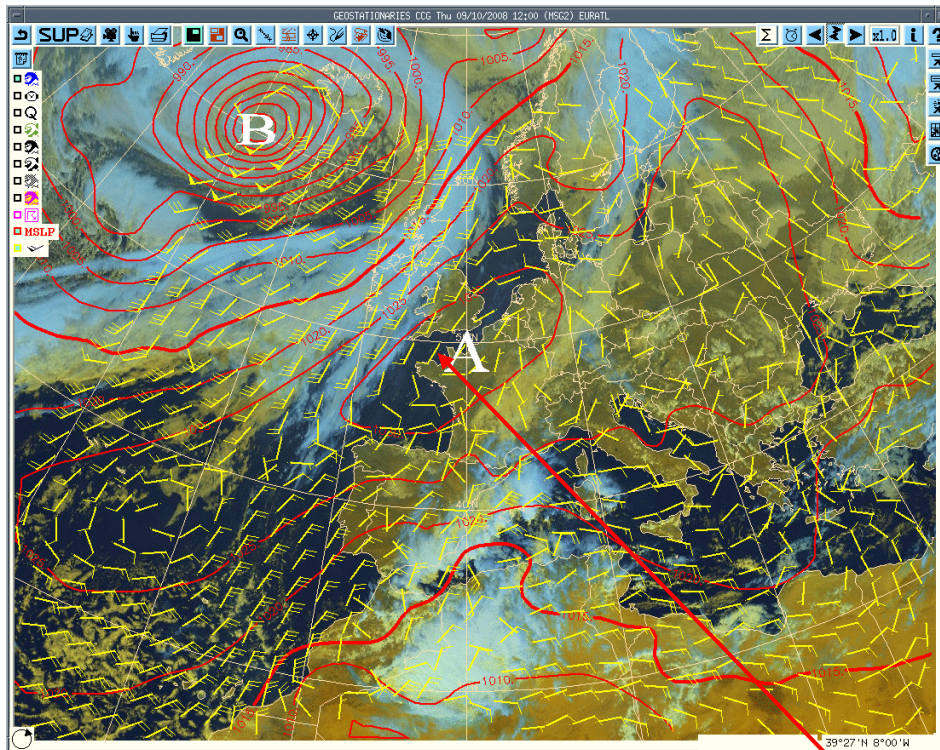
La bassa pressione al suolo è generalmente sormontata da un nucleo di aria fredda in quota, ad esempio a Sud-Ovest Dell'Islanda (-25. 8°C a 5070 m)

Dell'Islanda (-25. 8°C a 5070 m)

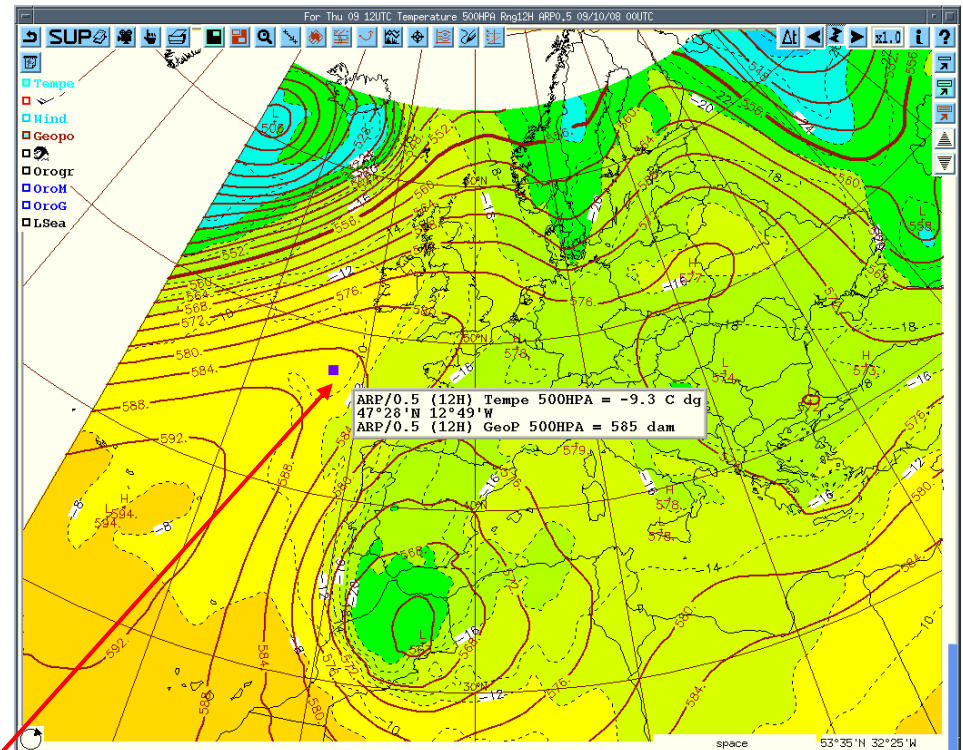
ANTICICLONE E DEPRESSIONE

COME RICONOSCERLI?

Carta al suolo



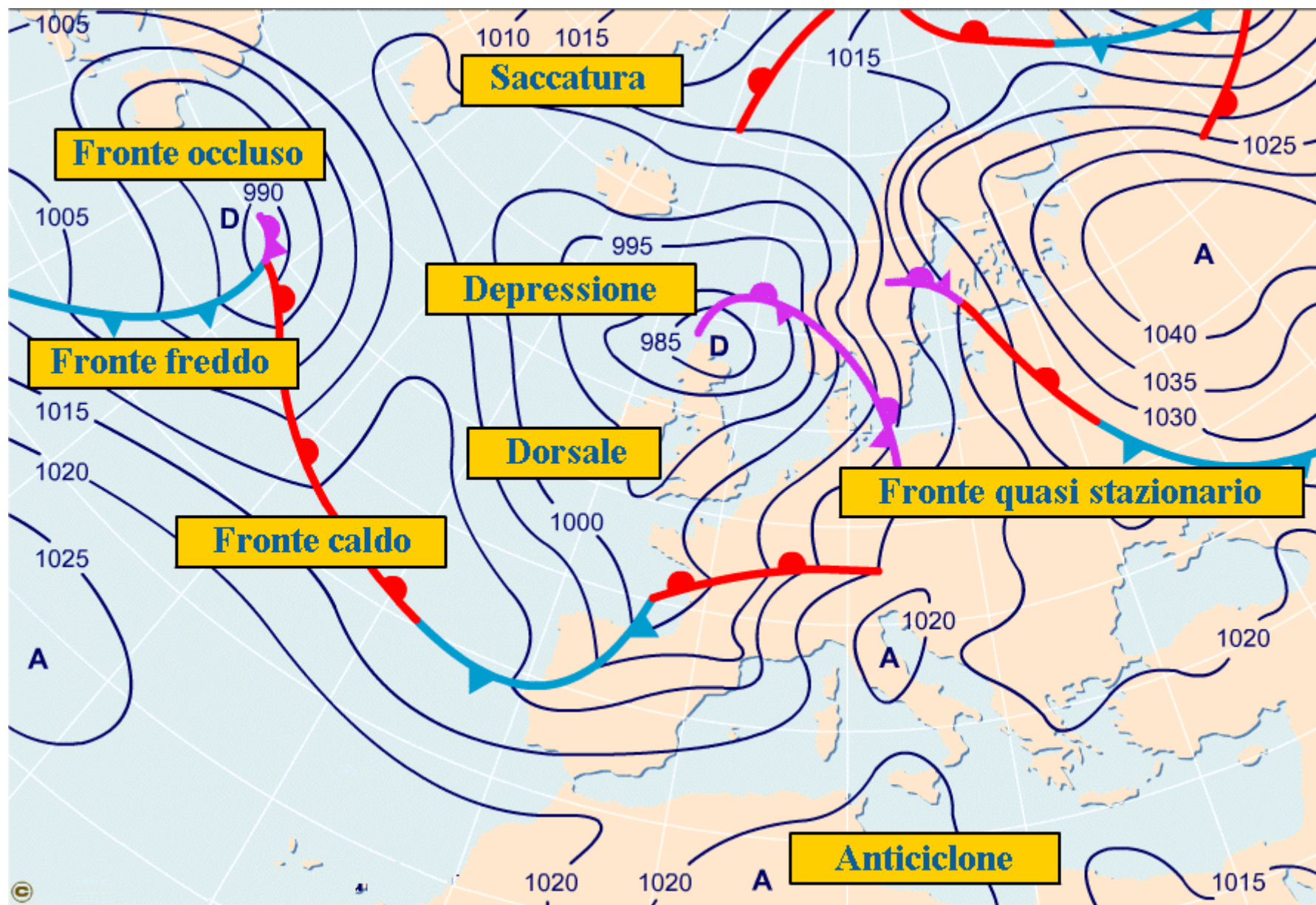
Carta al 500 hPa (5600 m)



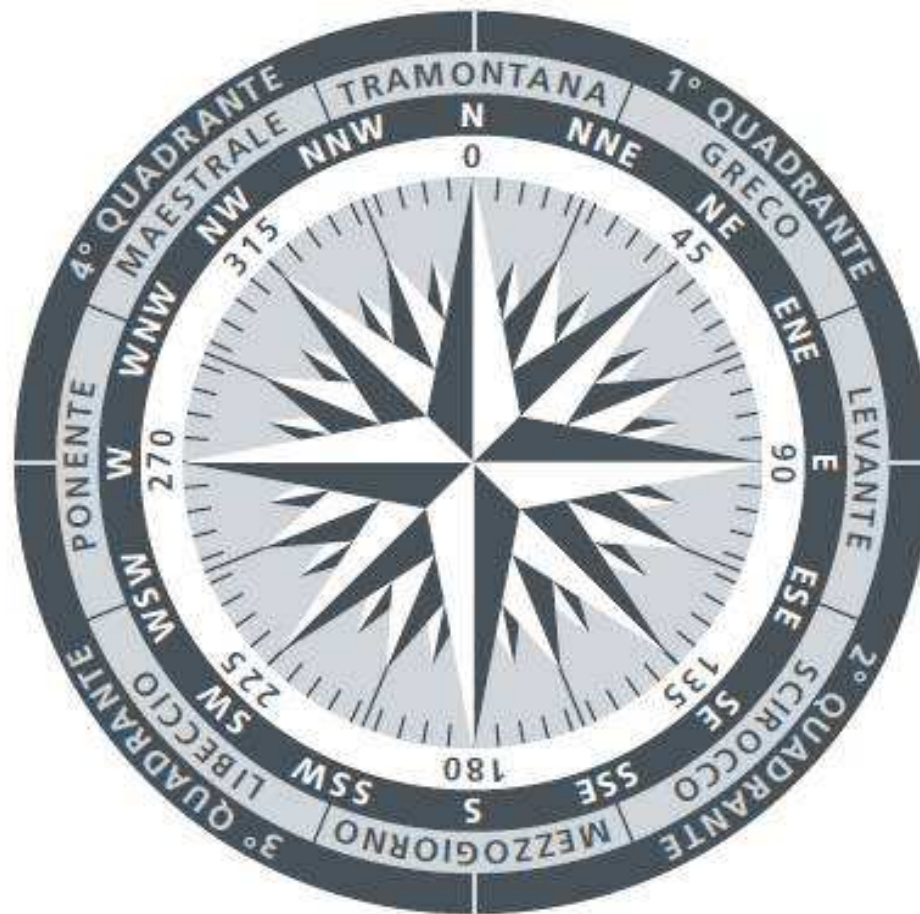
L'alta pressione al suolo è generalmente sormontata da un promontorio in quota, con presenza d'aria piuttosto mite, ad esempio al largo della Francia (-9.3°C a 5850 m)

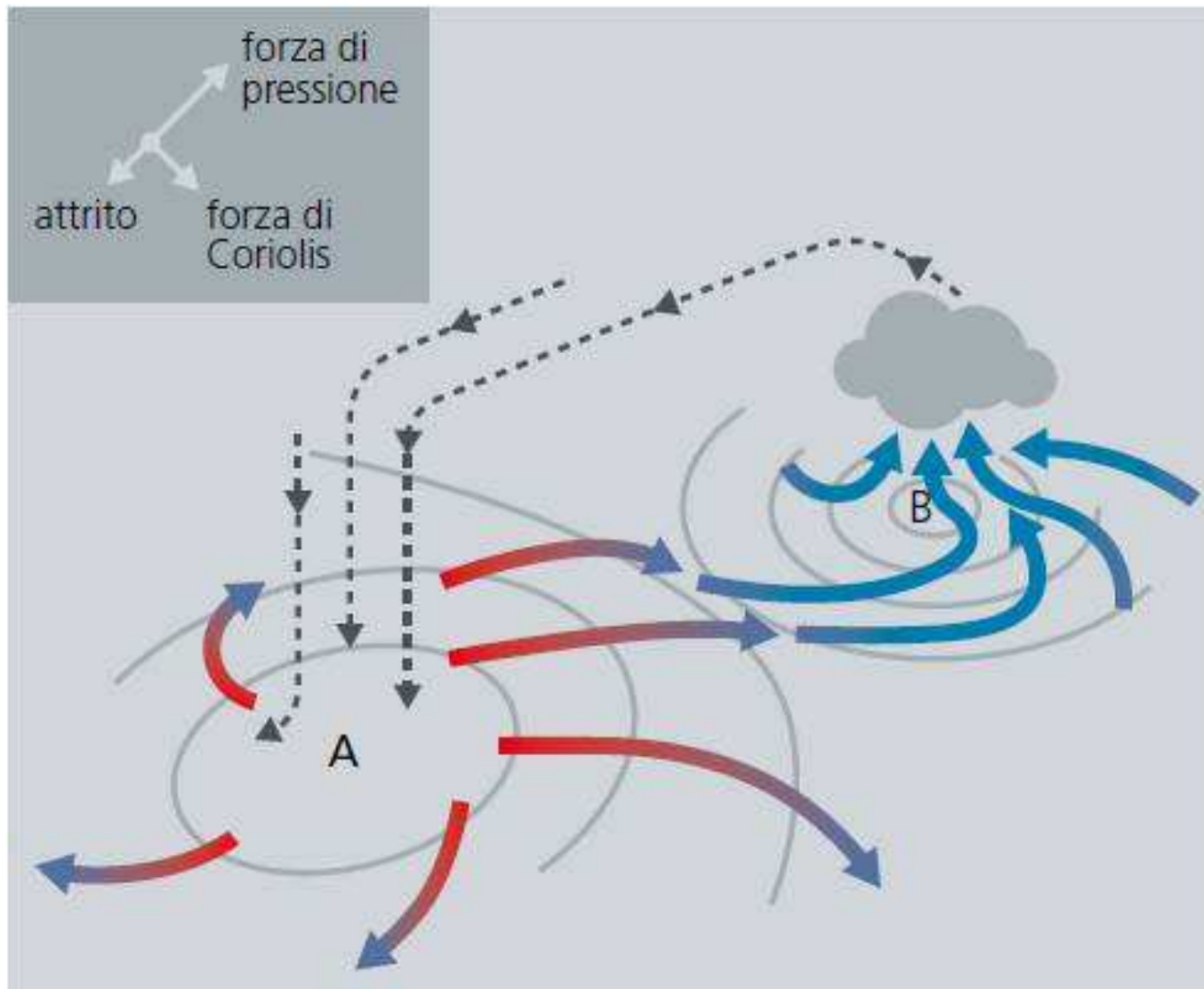
Impariamo alcuni termini

INTERPRETAZIONE DI UNA CARTA METEOROLOGICA AL SUOLO



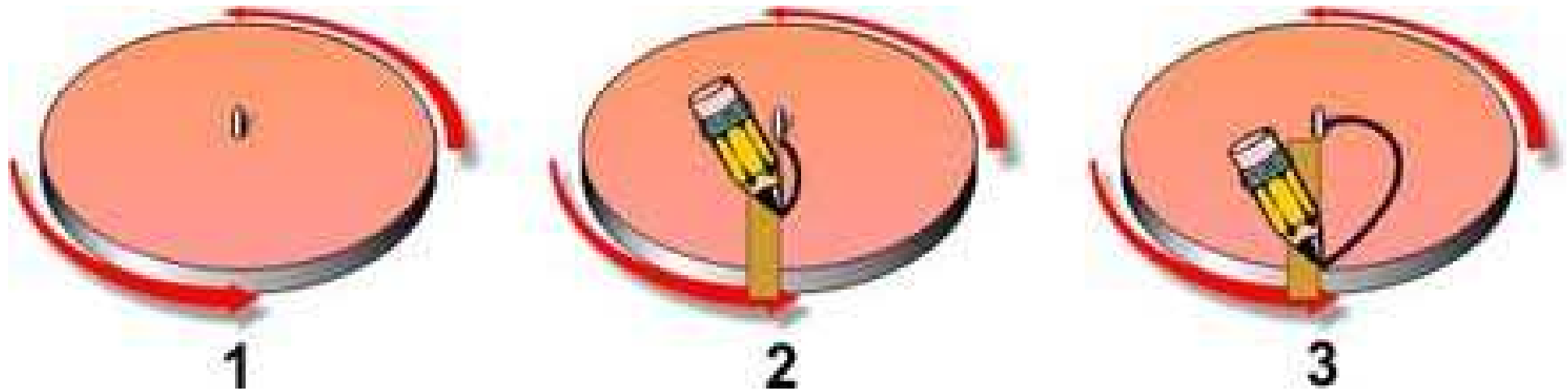
IL VENTO





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 (fremite 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	

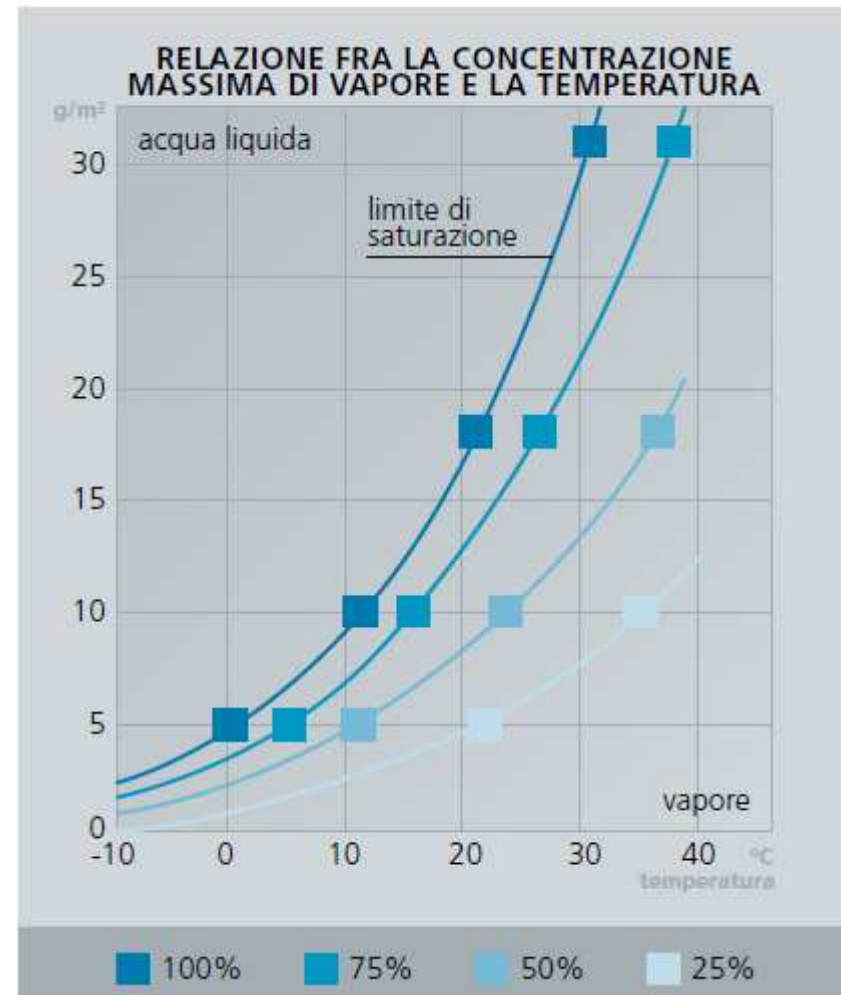
Il suo valore non equivale alla temperatura reale ma a quella avvertita dall'organismo umano per le parti direttamente esposte al vento.

Umidità dell'aria

L'umidità dell'aria

L'UMIDITÀ DELL'ARIA COS'È E COME SI MISURA

L'umidità è una misura della quantità di vapor d'acqua presente nell'aria. Poiché la massima quantità di vapor d'acqua che una massa d'aria può contenere è tanto maggiore quanto più elevata è la sua temperatura, usualmente si utilizza la misura dell'umidità relativa, che è il rapporto tra la quantità di vapor d'acqua effettivamente presente nella massa d'aria e la quantità massima che essa può contenere a quella temperatura (e alla stessa pressione). Se c'è più vapore di quanto l'aria ne può contenere, o perché ne arriva dell'altro da una fonte di umidità (ad esempio per evaporazione dal terreno o dal mare), o perché l'aria si raffredda, la parte in eccesso rispetto al massimo condensa, cioè passa allo stato liquido. Durante questo passaggio viene emesso del calore nell'ambiente (e viceversa: quando l'acqua liquida evapora, sottrae calore all'ambiente), detto calore latente. L'umidità si misura con l'igrometro, che convenzionalmente deve essere posizionato ad un'altezza di 2 m dal suolo. Essendo un rapporto fra due quantità, l'umidità relativa si esprime in percentuale (da 0% a 100%).

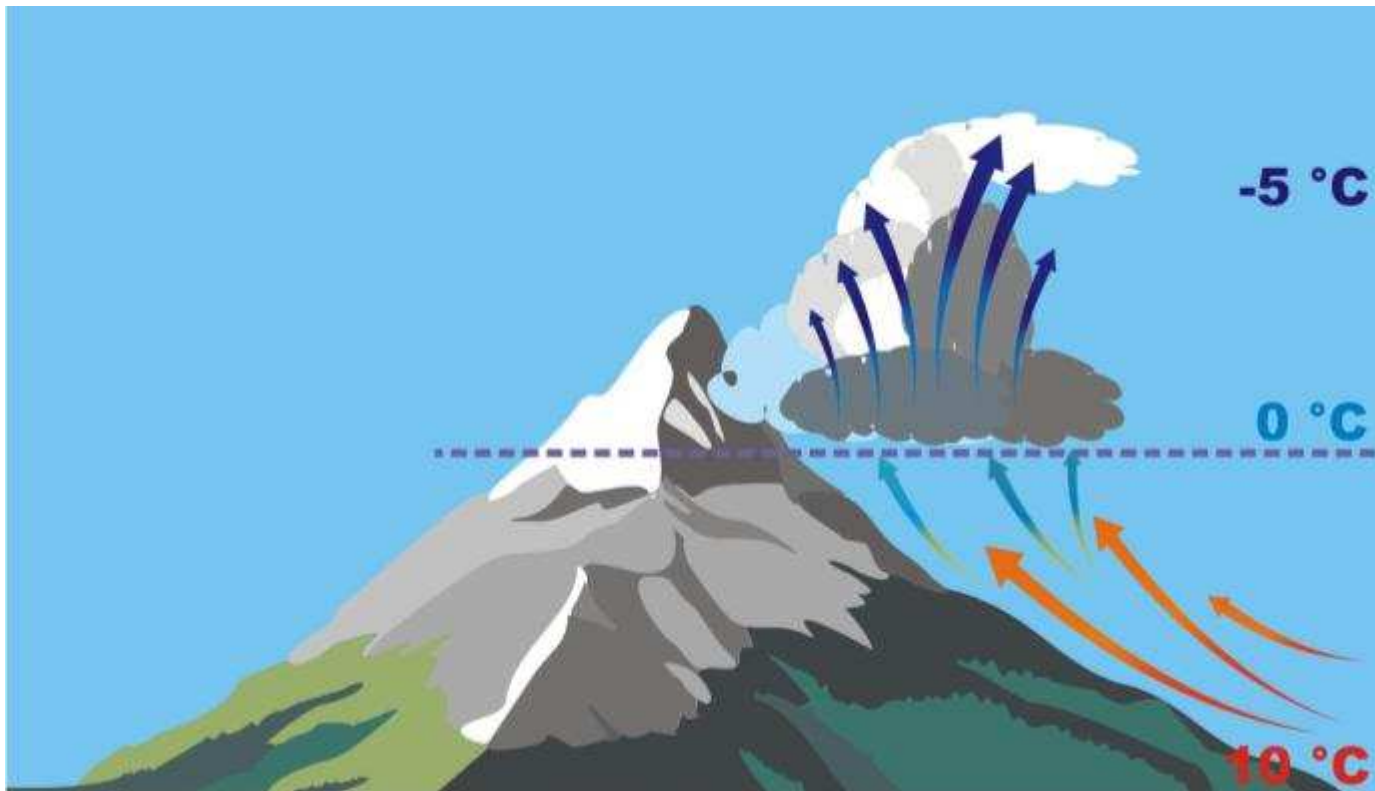


La condensazione delle masse d'aria

Umidità Relativa

Una massa d'aria contiene un certo quantitativo di umidità (**umidità assoluta**). 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.



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.



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.

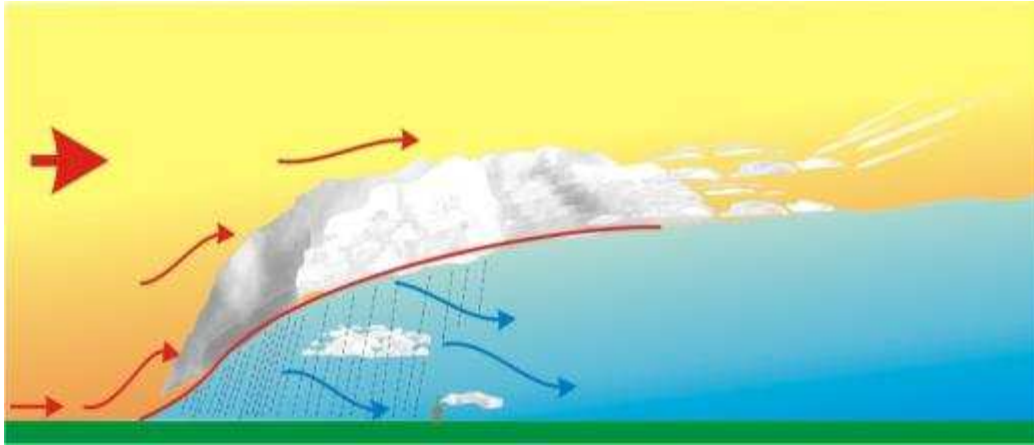
In questo caso però la maggiore componente di raffreddamento è determinata dalla diminuzione della pressione, che provoca un'espansione della massa d'aria.

I tipi di precipitazione

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

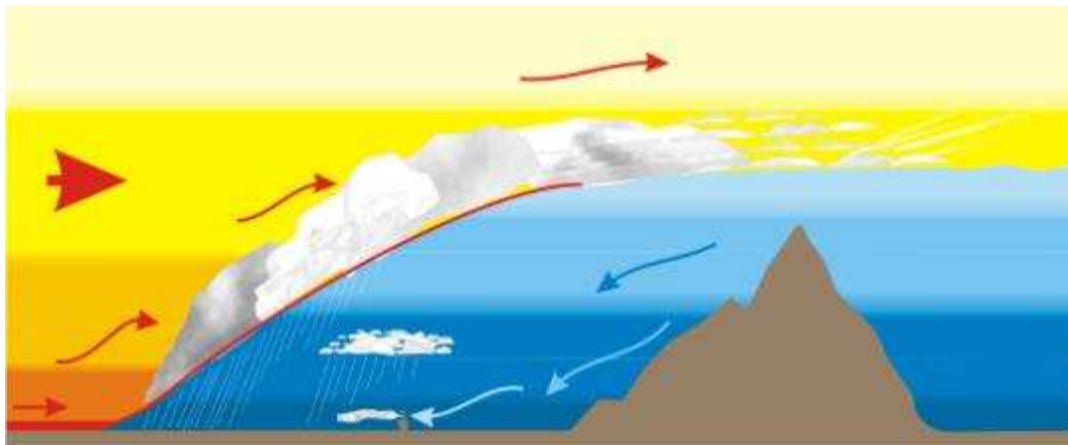
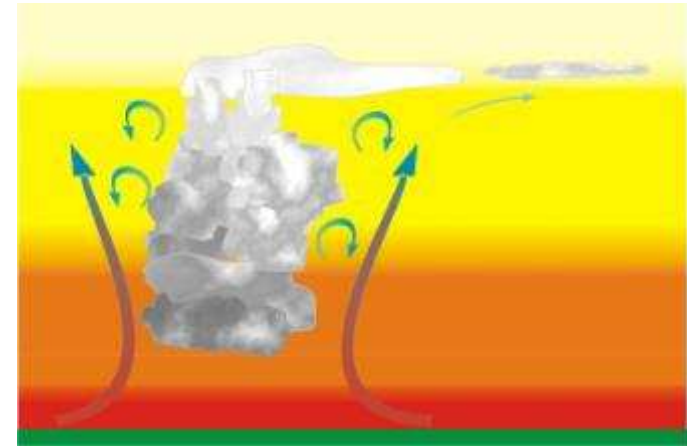
1. Frontale (fronte **freddo** o **caldo**)
2. Convettiva (temporale)
3. Orografica (Stau)

Formazione delle nubi e delle precipitazioni



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

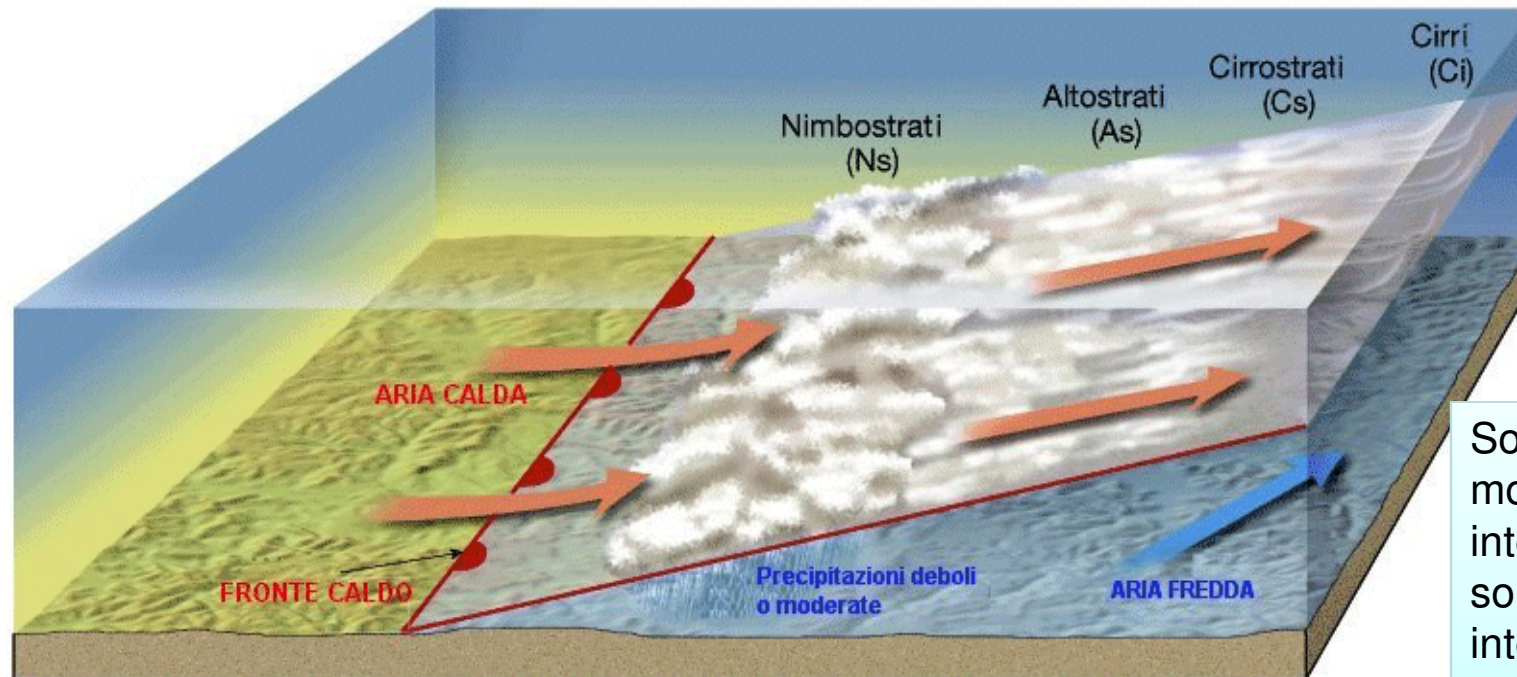
ASCESA TERMICA CONVETTIVA
minuti o poche ore



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

ILLUSTRAZIONE FRONTALE

FRONTE CALDO

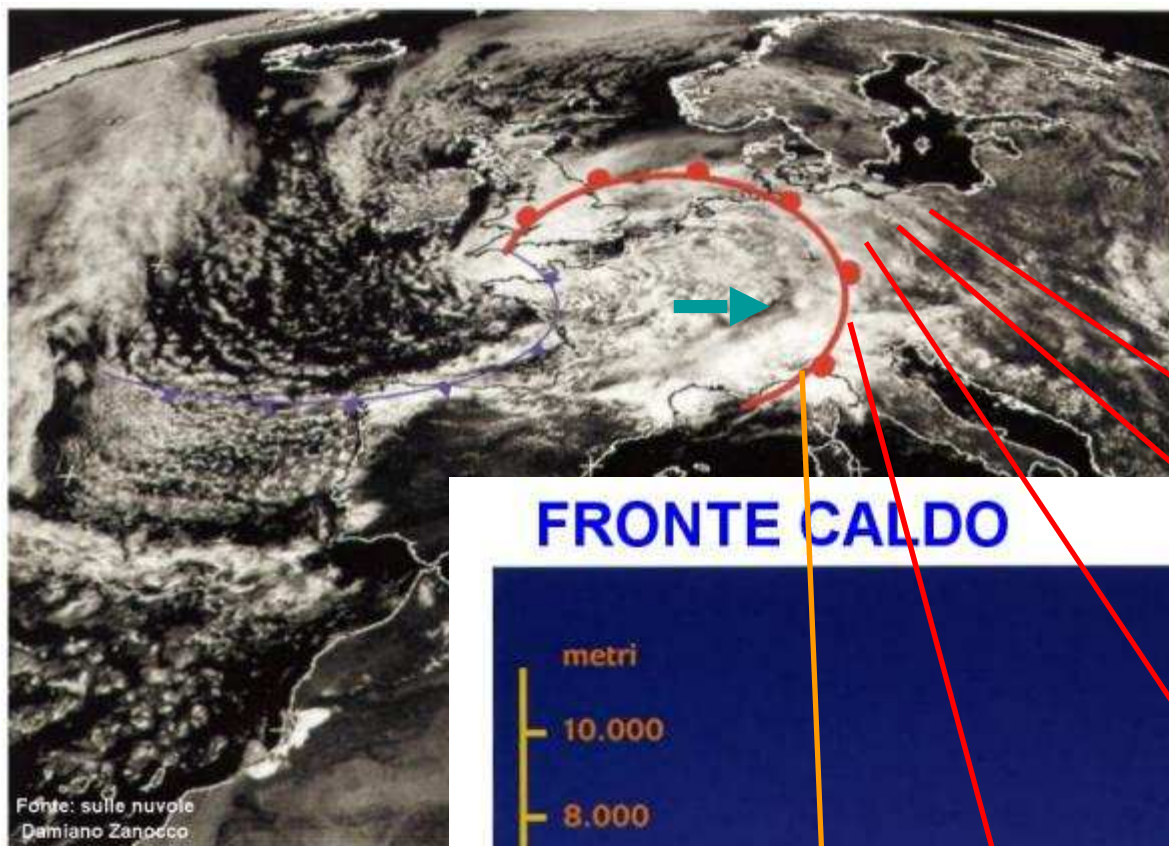


**il fronte
caldo**

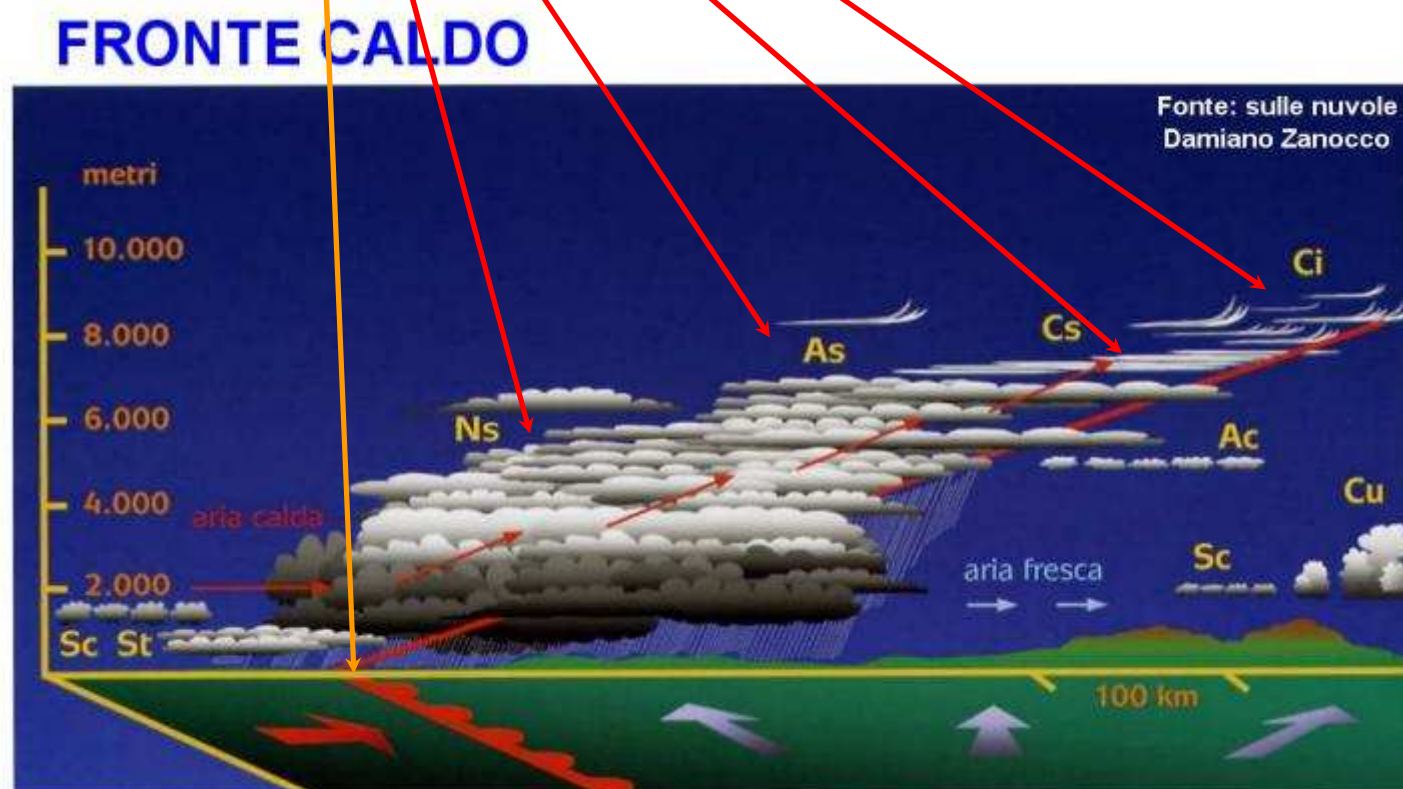
Sollevamento modesto. Meno intenso è il sollevamento, meno intensa la precipitazione

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.

IL FRONTE CALDO



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



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

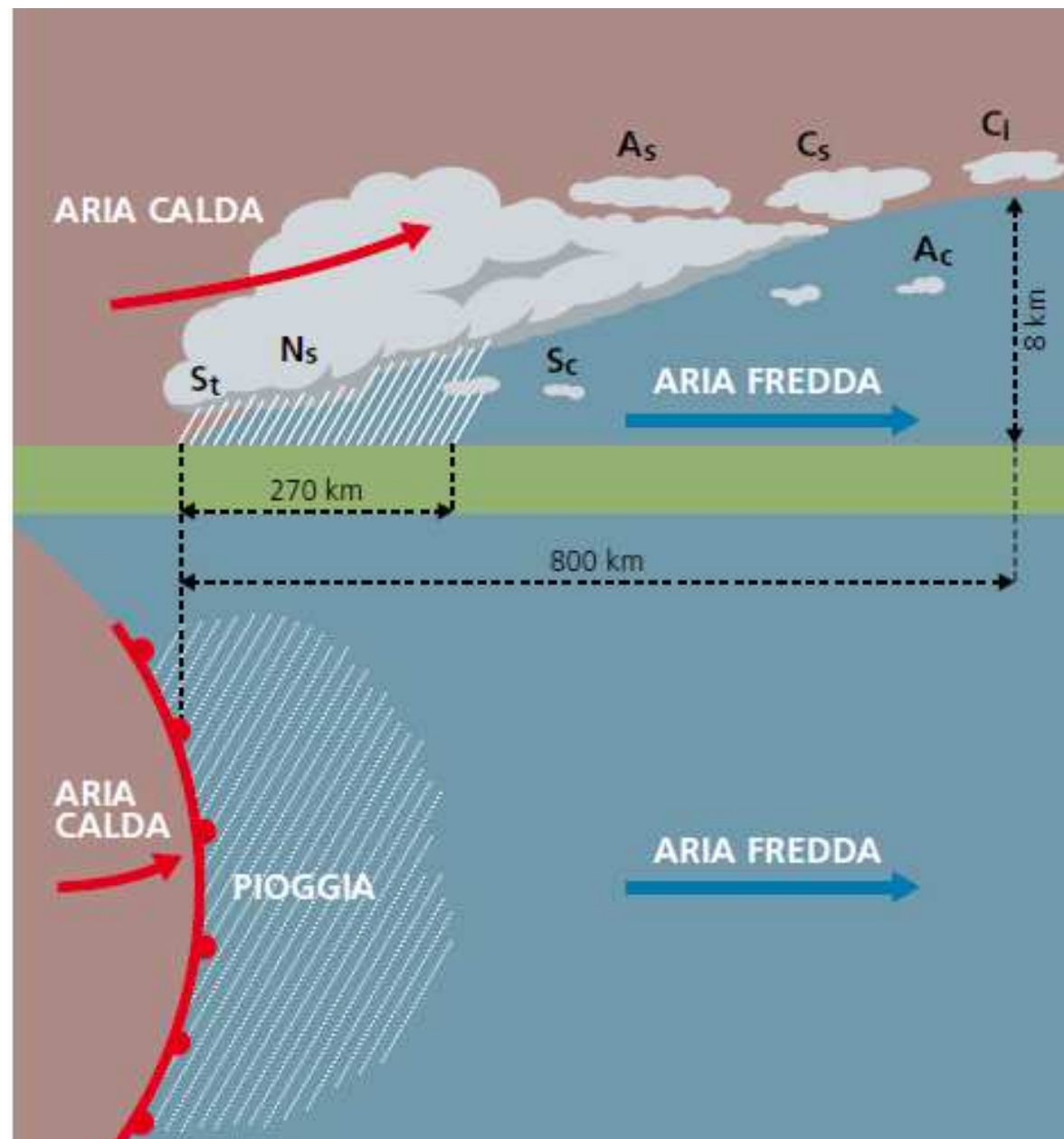
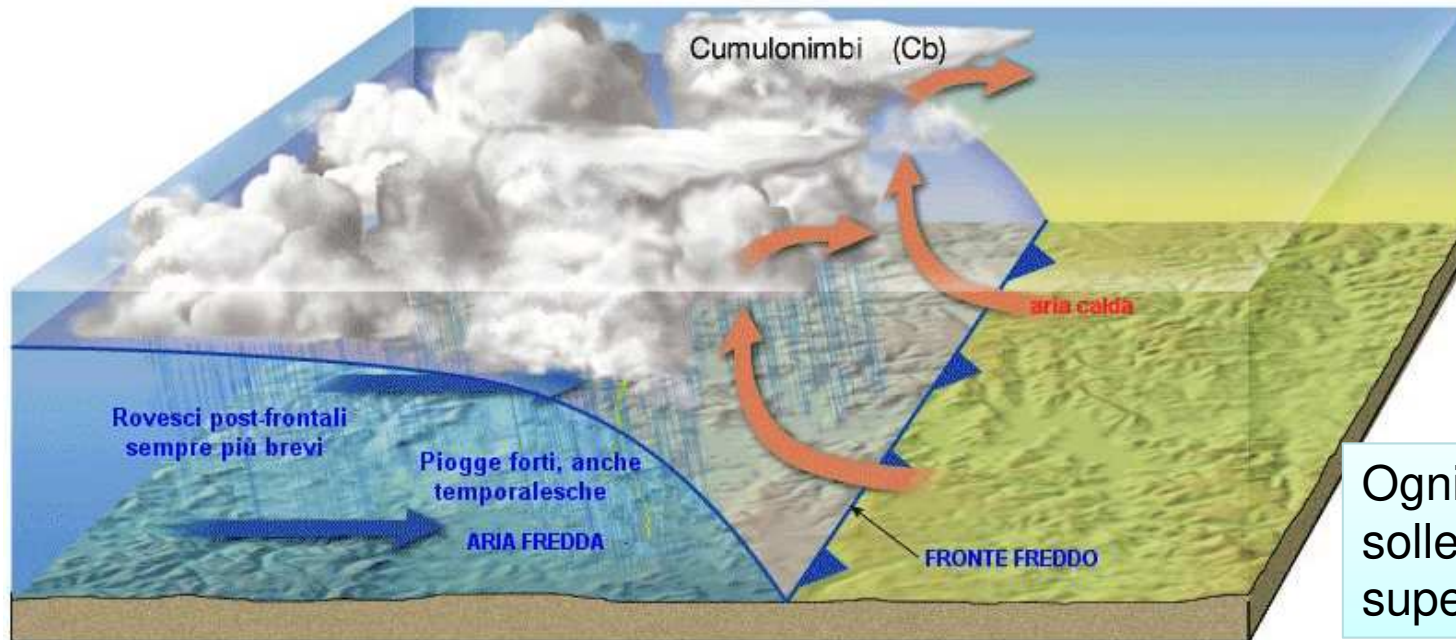


ILLUSTRAZIONE FRONTALE

FRONTE FREDDO

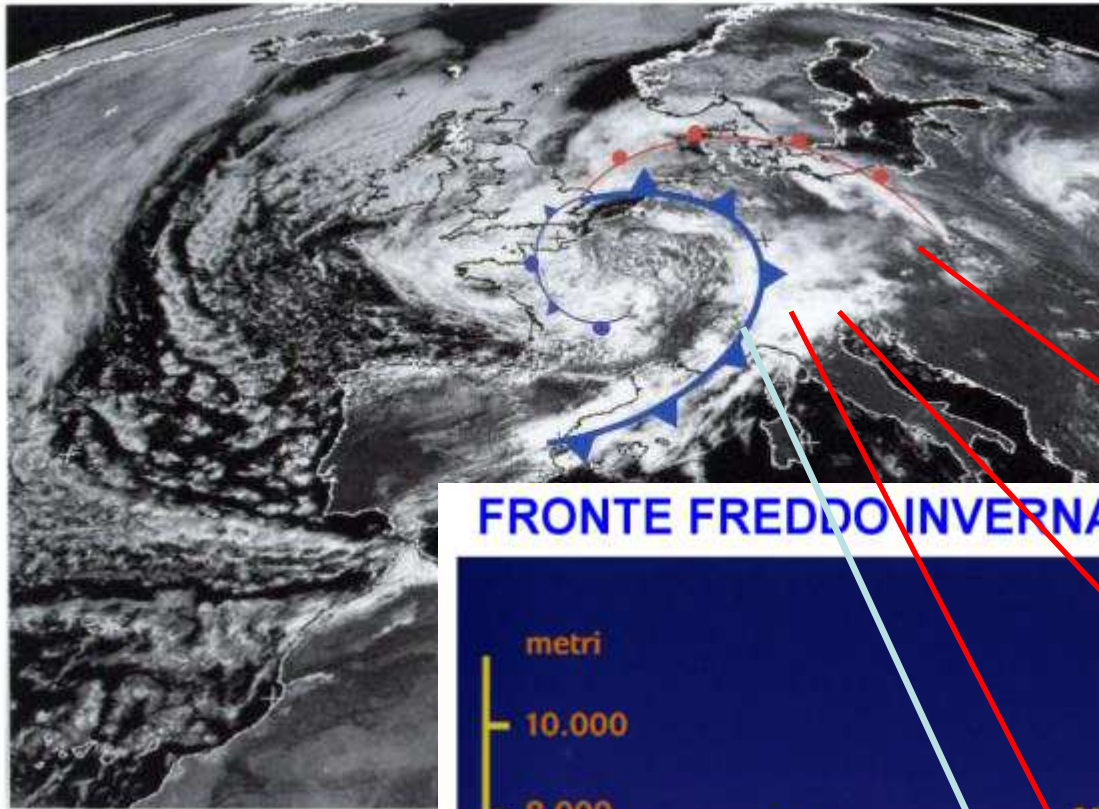


**il fronte
freddo**

Ogni km, 60- 80 metri di sollevamento , 10 volte superiore al fronte caldo

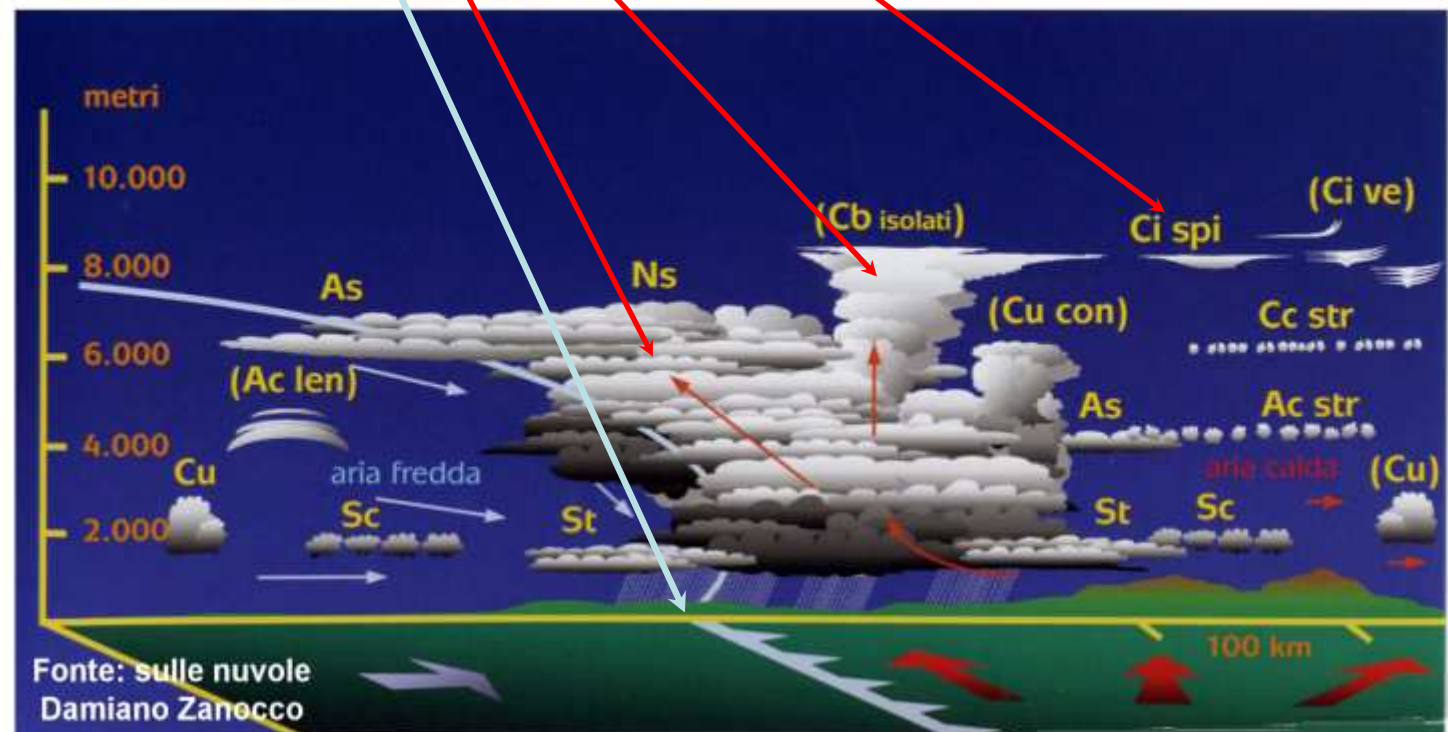
Nel caso di un fronte freddo, la massa d'aria che avanza s'incunea al di sotto di una massa calda ed umida sollevandola. L'aria calda di conseguenza si raffredda ed il vapore acqueo si condensa producendo nubi e precipitazioni. La pendenza del fronte freddo è tale che il processo ascendente è spesso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

IL FRONTE FREDDO

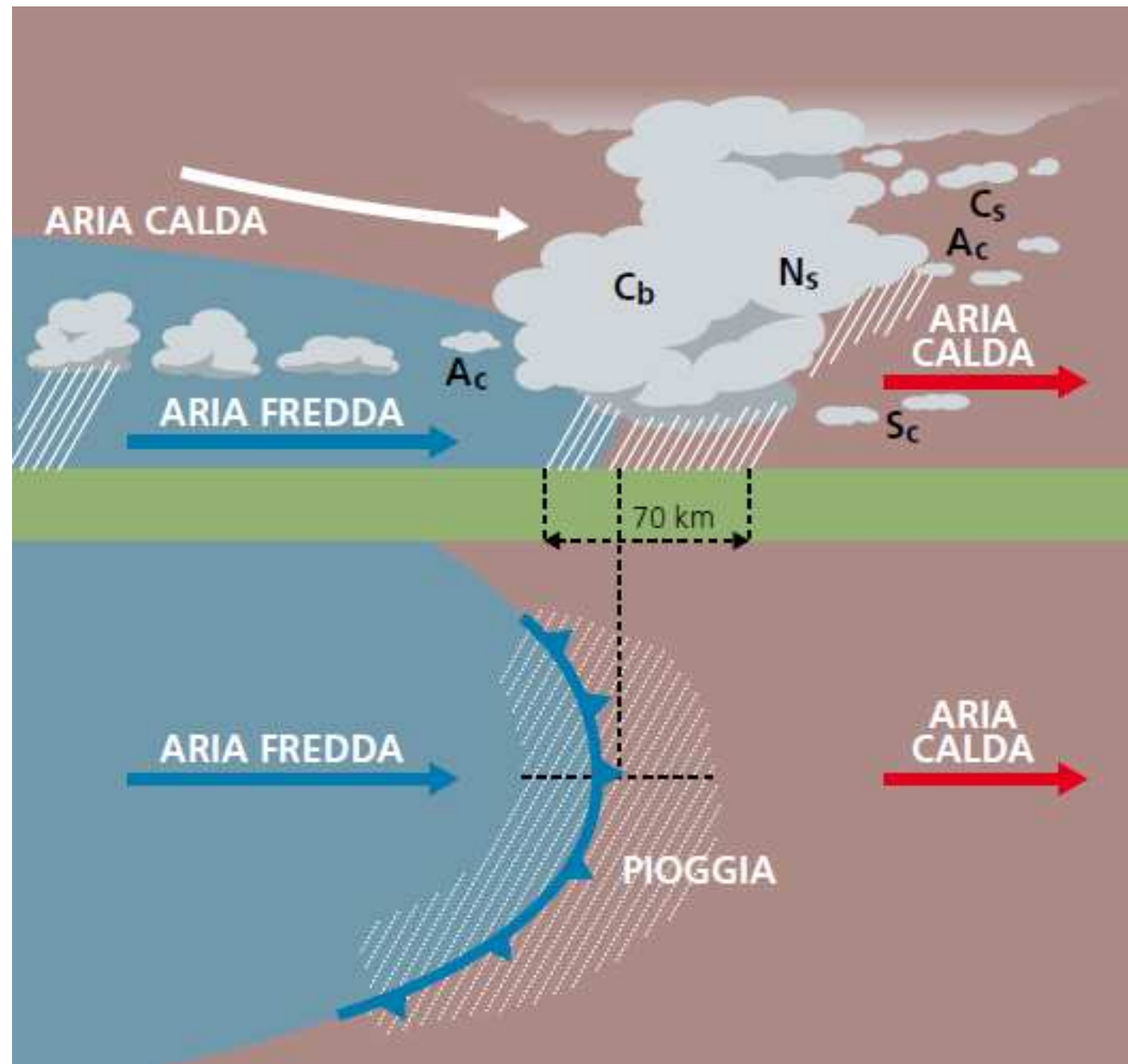


LA PENDENZA DELLA
DISCONTINUITÀ FRONTALE
È DI 60 - 80 m/km

FRONTE FREDDO INVERNALE

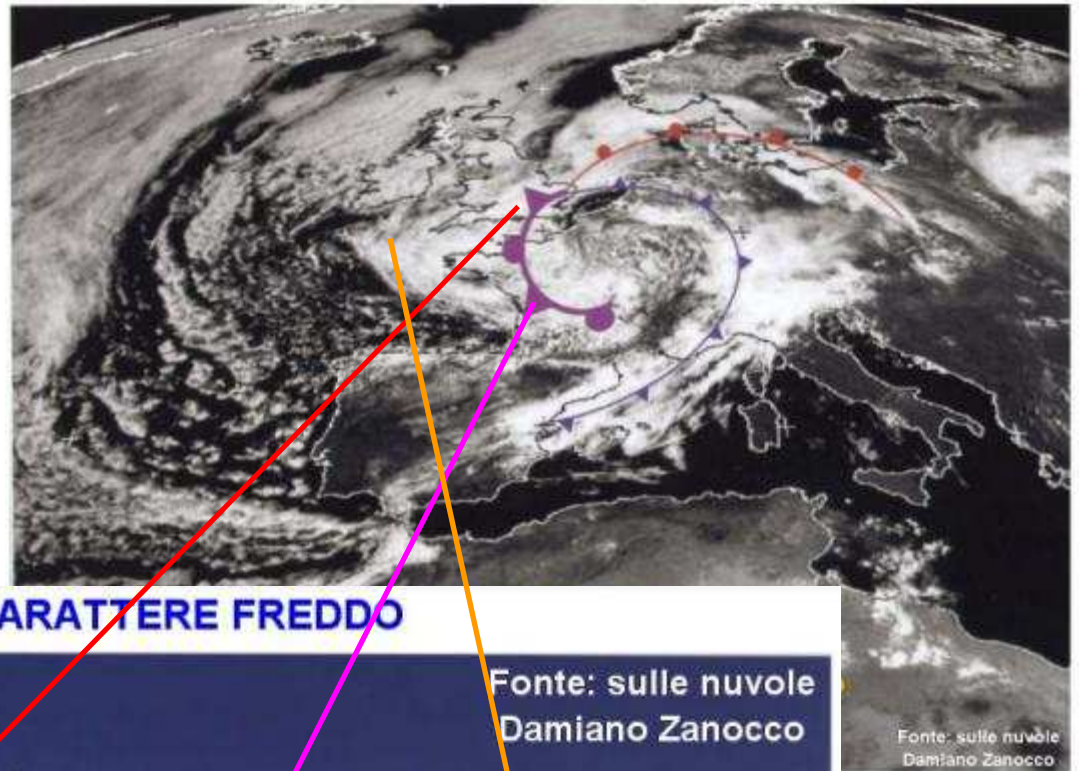


**Schema in
verticale e
proiezione
in pianta
del fronte
freddo**

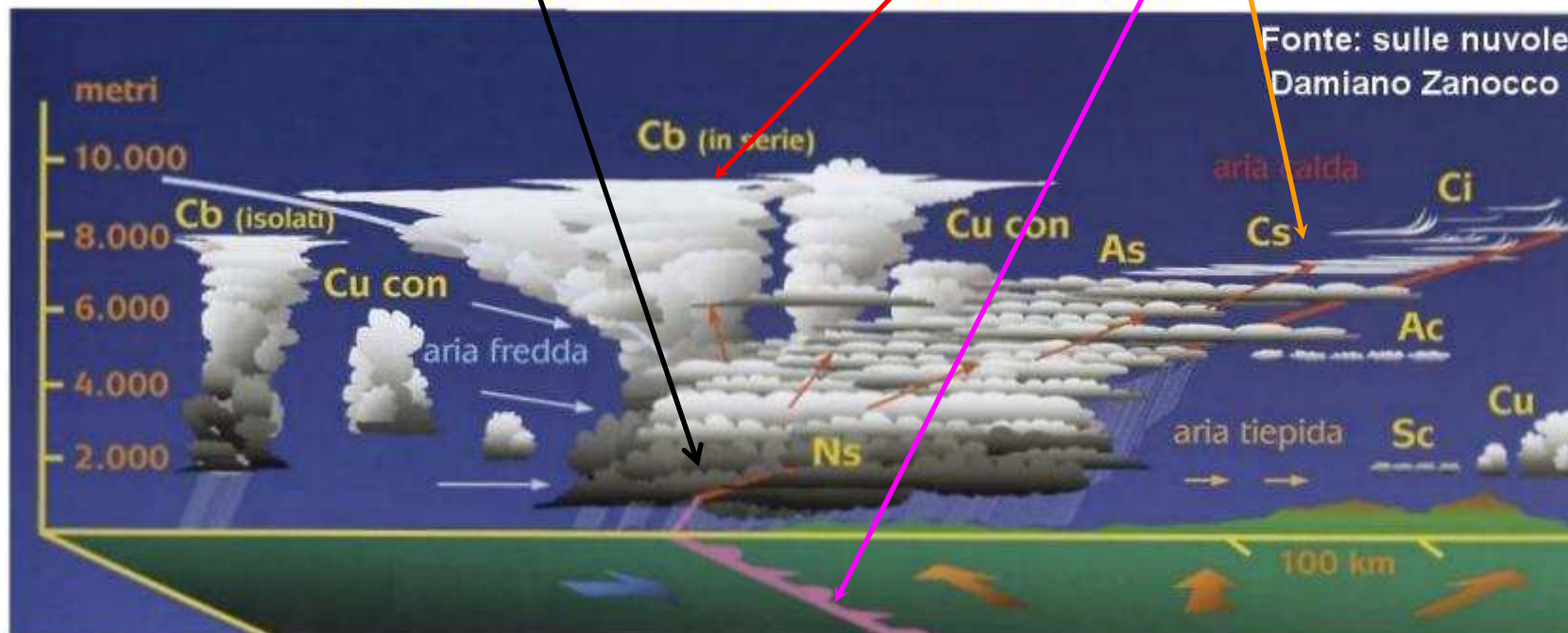


IL FRONTE OCCLUSO

**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

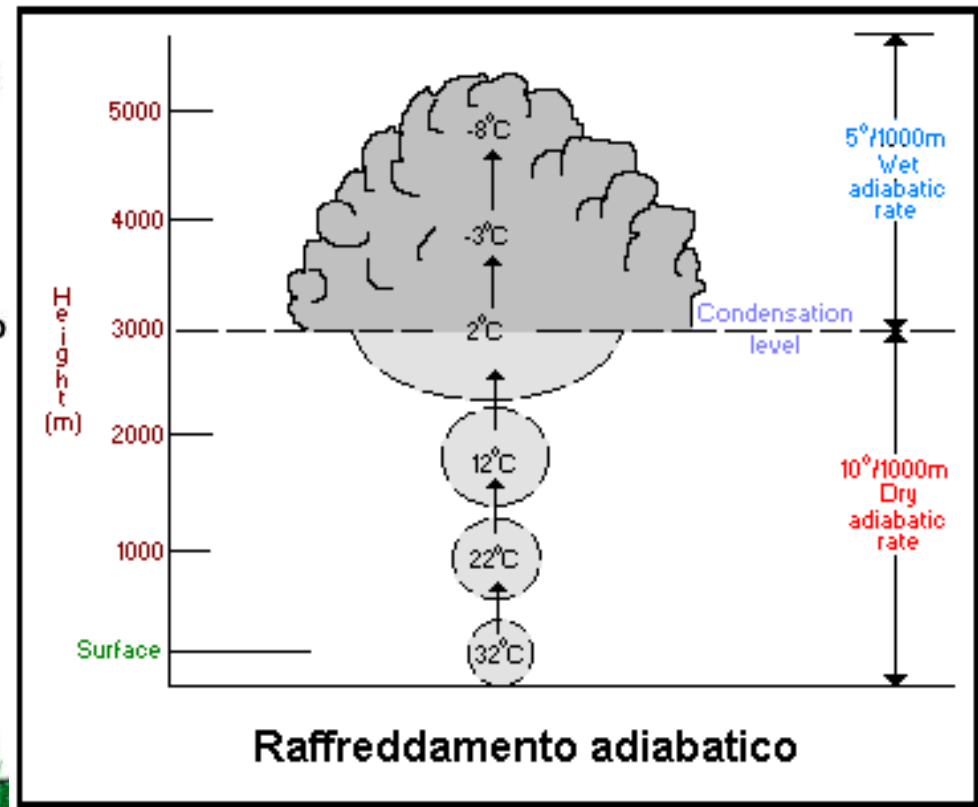
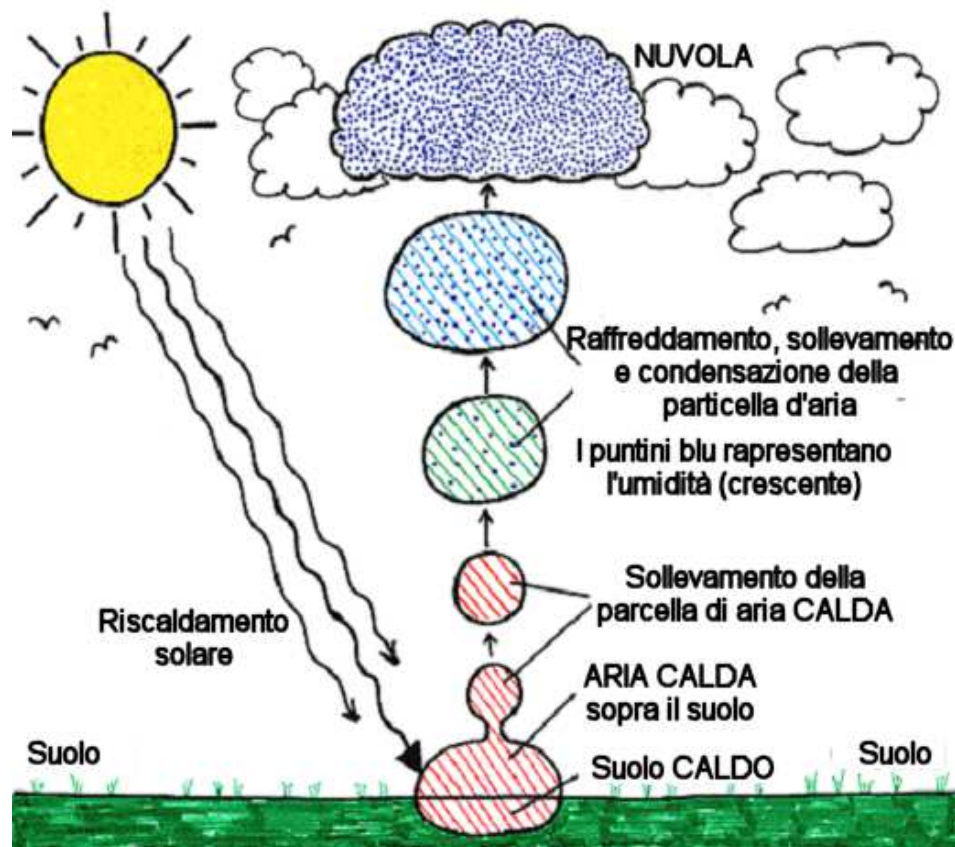
LA CONVEZIONE

***Poco presente in inverno sulle Alpi, di più in
Argentina***

- 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.

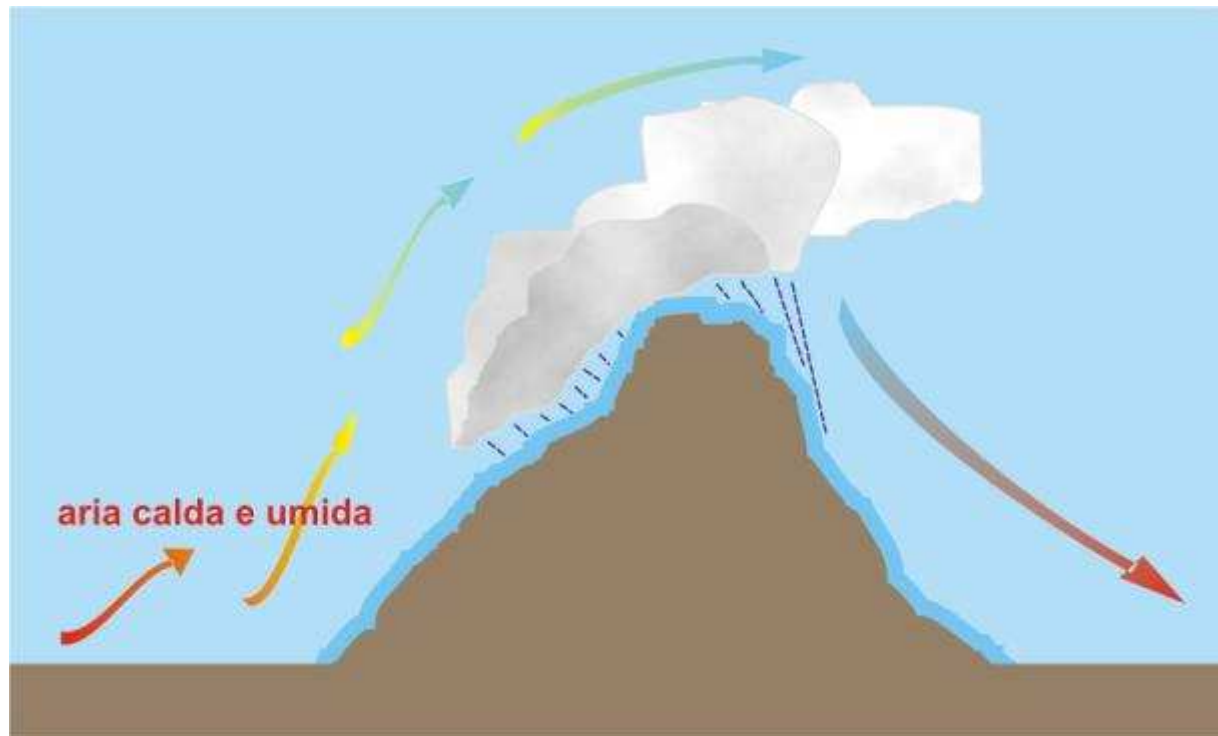
LA CONVEZIONE

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 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m si arriva velocemente alla condensazione



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

IL SOLLEVAMENTO OROGRAFICO

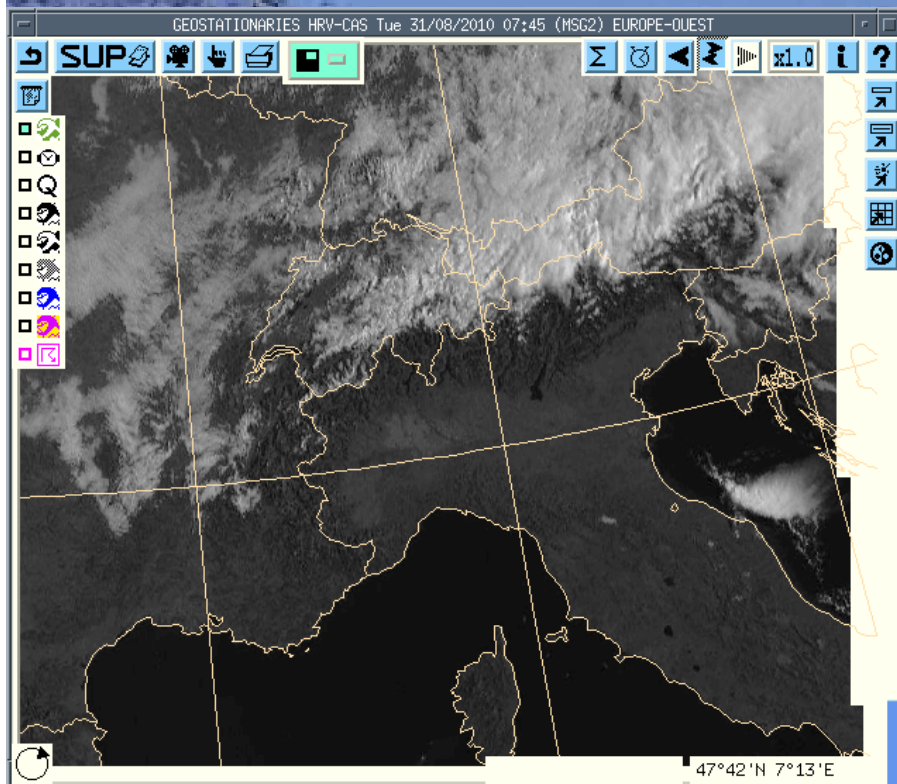


In quota le correnti di aria umide viaggiano liberamente; tuttavia sul loro percorso possono presentarsi rilievi che costringono l'aria a salire per poter valicare l'ostacolo. In caso di sollevamento forzato l'aria umida si raffredda fino a condensare e se l'ascesa forzata prosegue si possono verificarsi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

Stau & Föhn

LO STAU

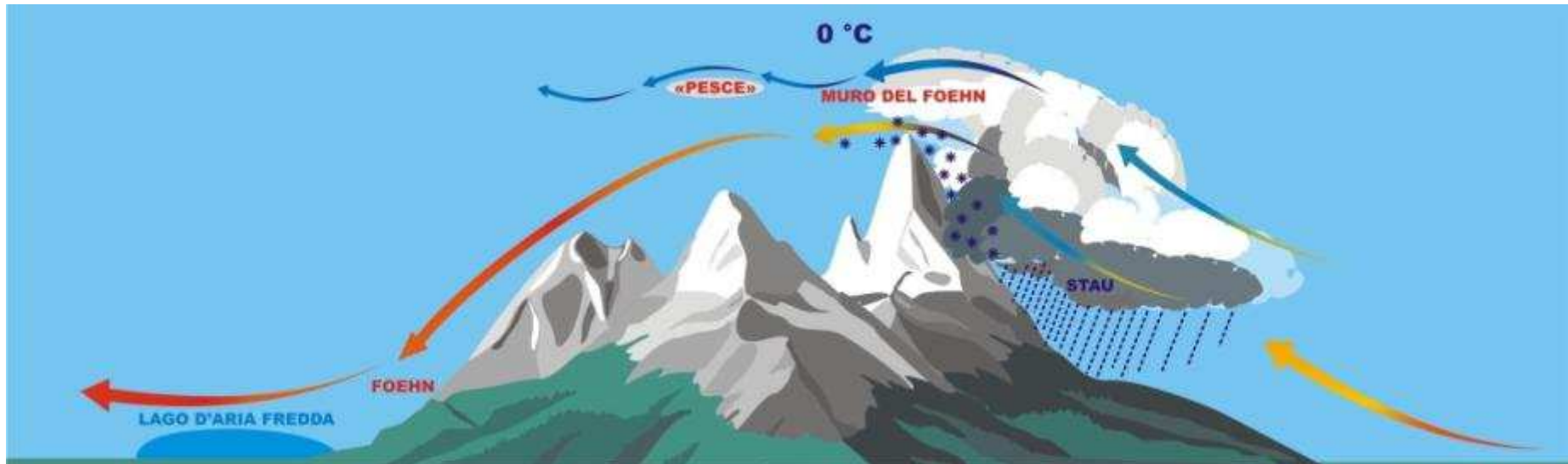
Quando una massa d'aria umida si solleva in modo forzato sul versante sopravvento di una catena montuosa si ha un effetto chiamato STAU (dal tedesco sbarramento). Il cielo è coperto e vi sono precipitazioni diffuse, anche nevose in montagna durante l'inverno.



IL 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.

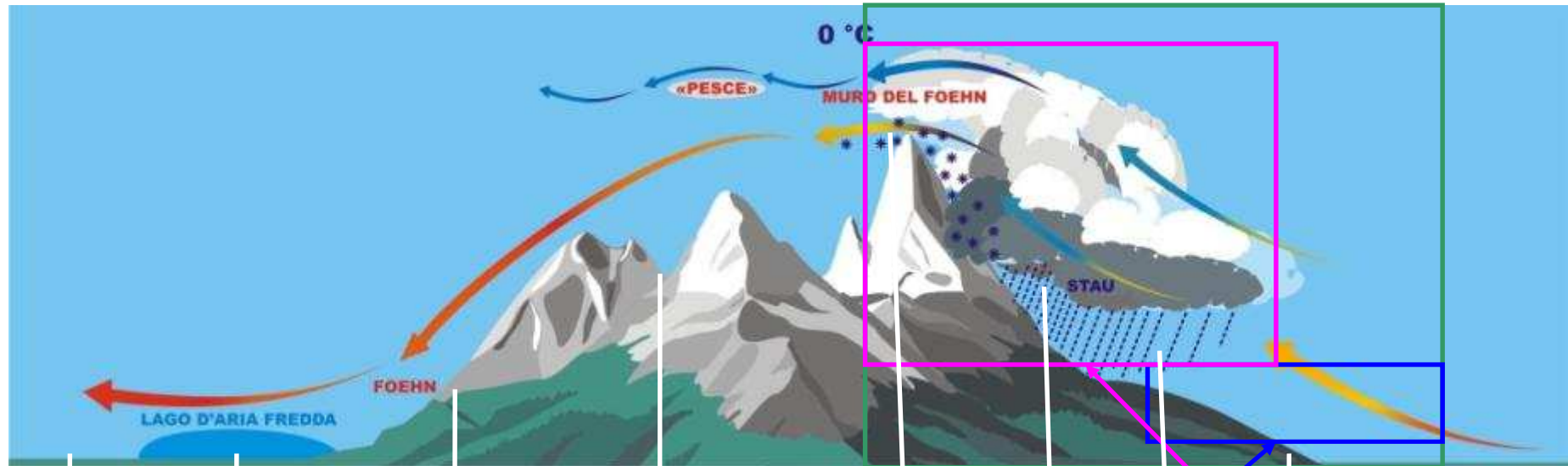
Stau e Föhn



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%

Occorre capire il contesto termico del fenomeno

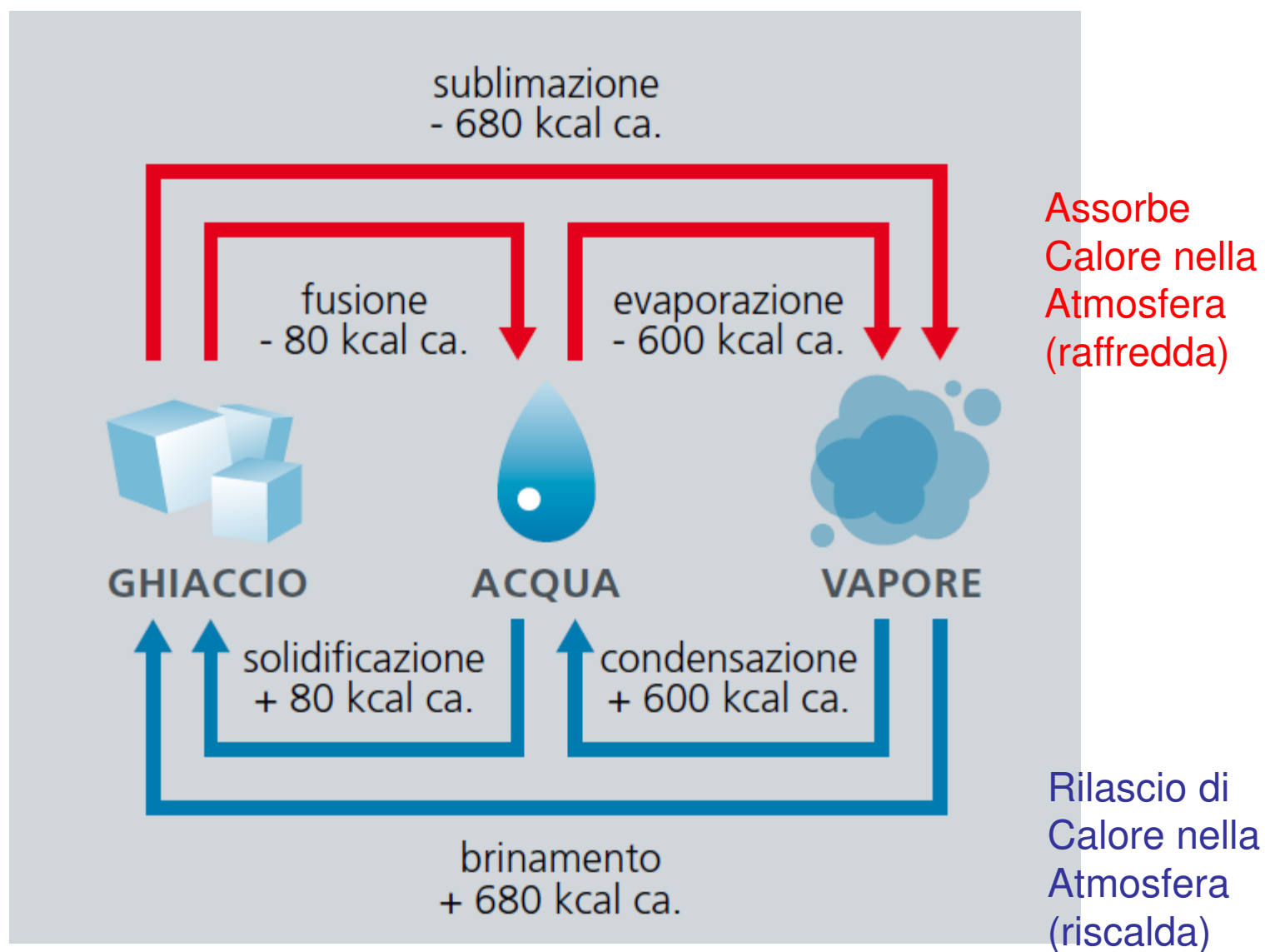
Stau



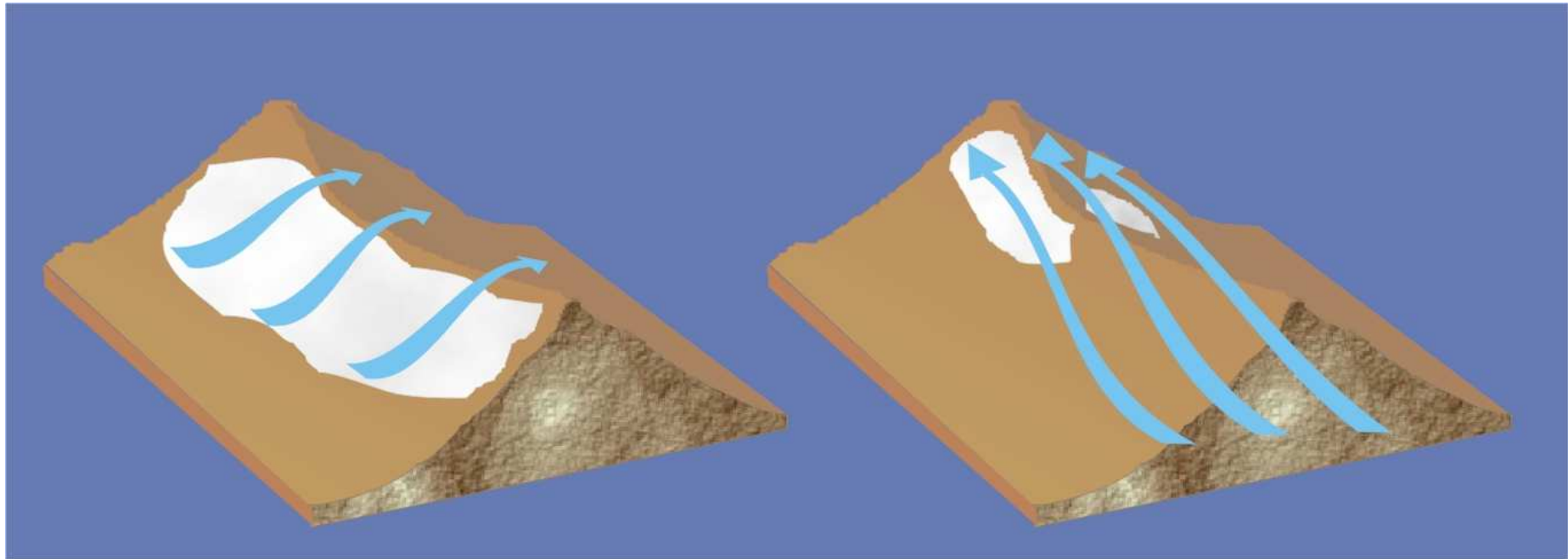
0 m	0 m	1000 m	2000 m	3000 m	2000 m	1000 m	400 m
25 °C	17 °C	15 °C	5 °C	-5 °C	0 °C	5 °C	11 °C
20 %	60 %	30 %	50 %	100 %	100 %	100 %	75 %

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

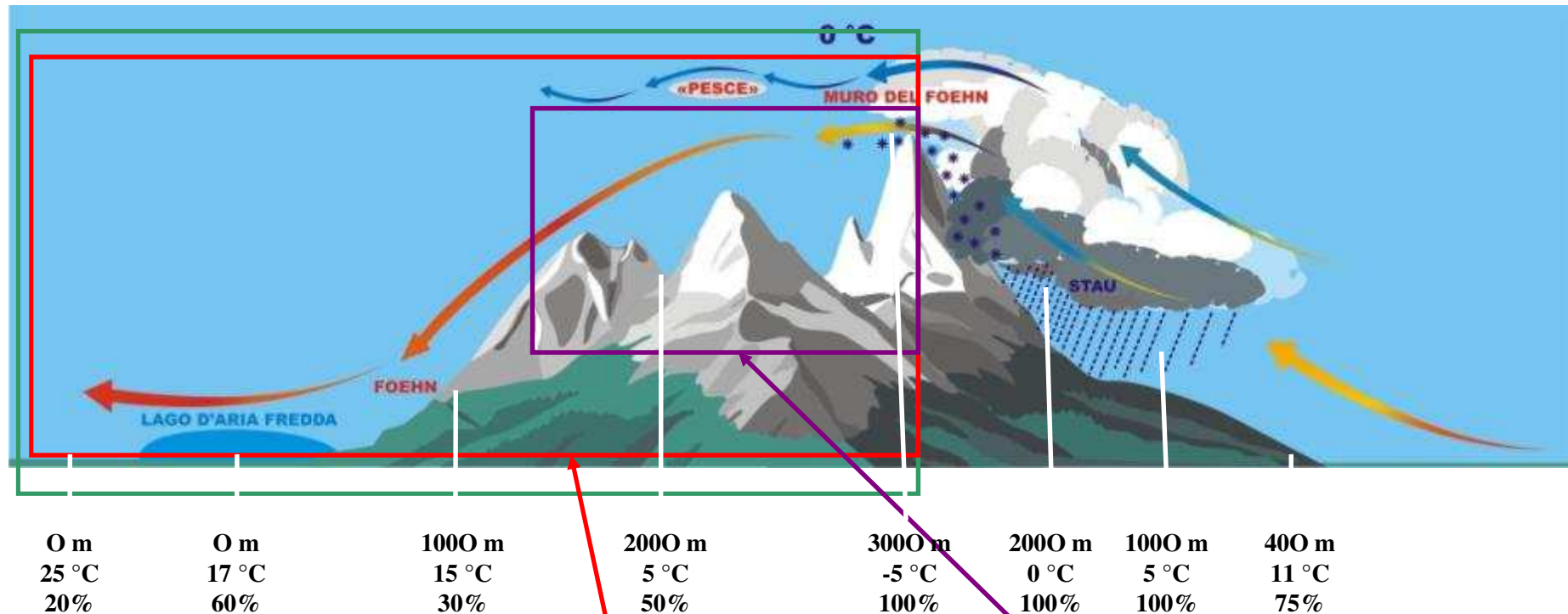


Precipitazione massima

Precipitazione minima

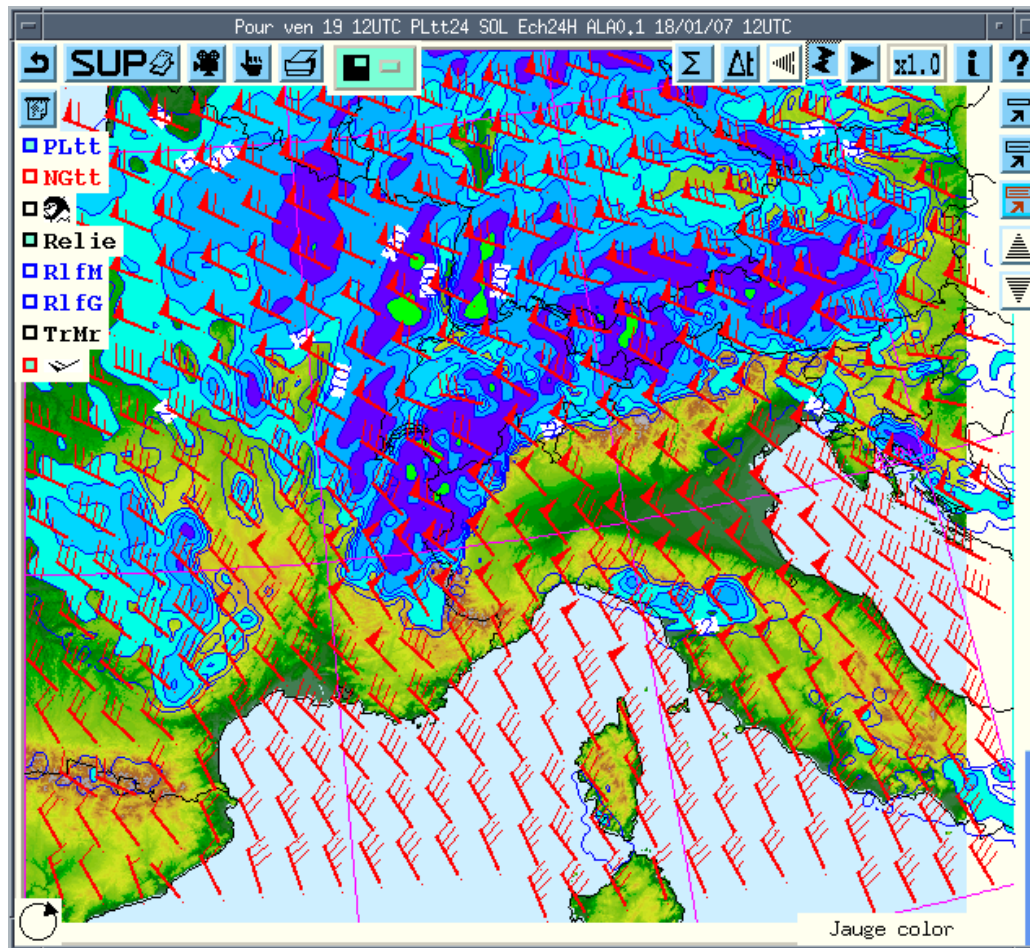
La componente verticale della velocità del vento é un fattore fondamentale per il verificarsi di precipitazioni nevose. Maggiore è la pendenza del fianco della montagna battuta dal vento e la perpendicolarità con la quale il vento la colpisce, maggiori saranno le probabilità di precipitazioni.

Föhn

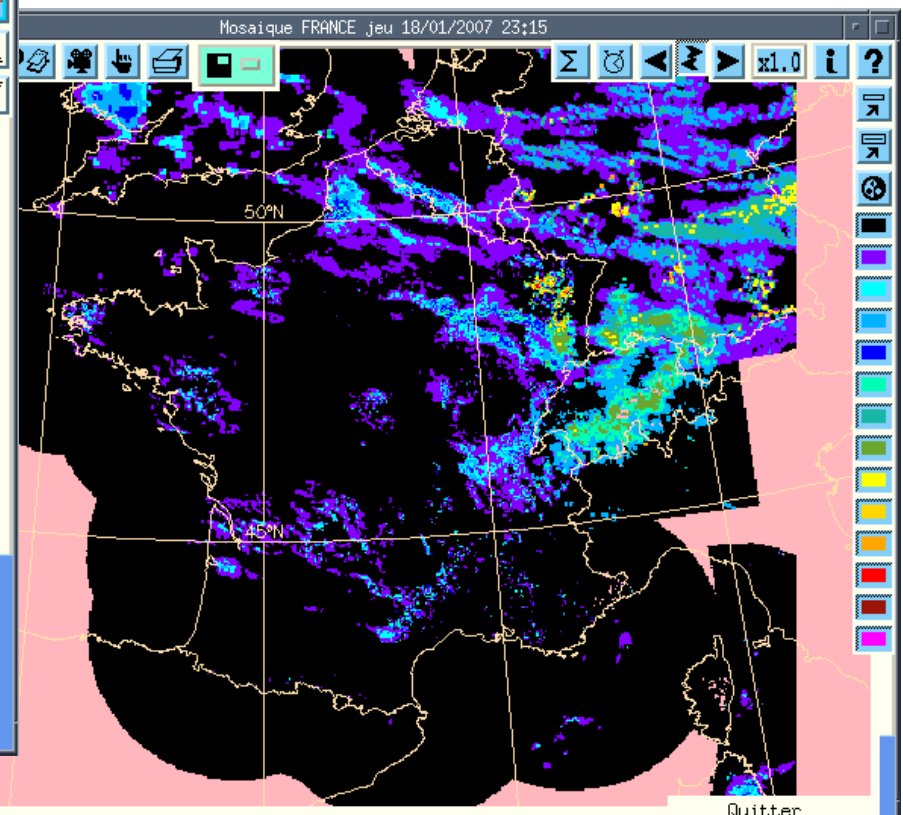


Durante percorso di caduta (ipotizzando per semplicità che ciò avvenga su tutto il versante sottovento), la massa d'aria subisce un processo di riscaldamento principalmente per compressione e attrito; poiché, non appena terminate le precipitazioni la massa d'aria non è più satura, essa riacquisterà calore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

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

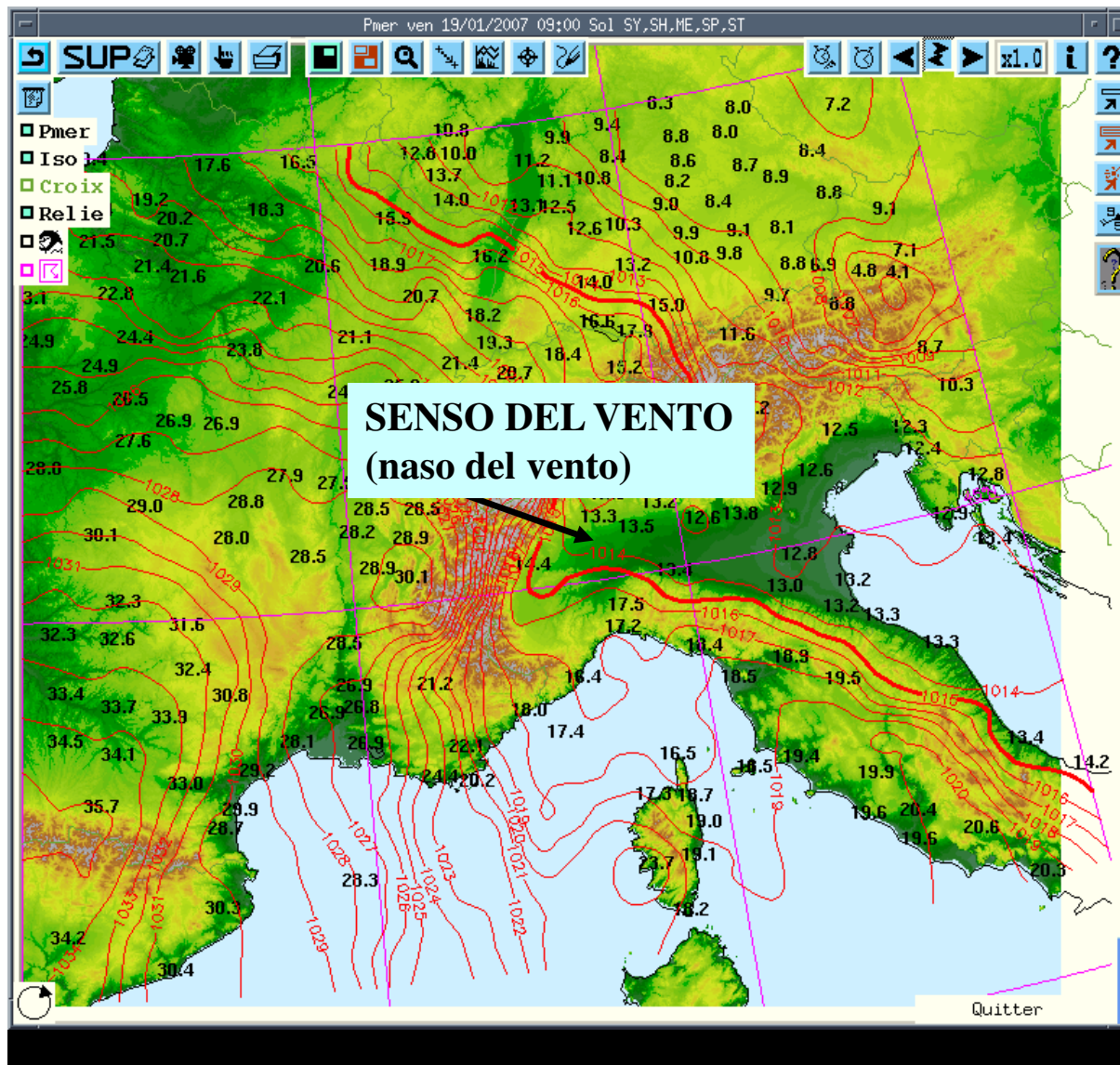


Vista di un Radar meteorologico



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

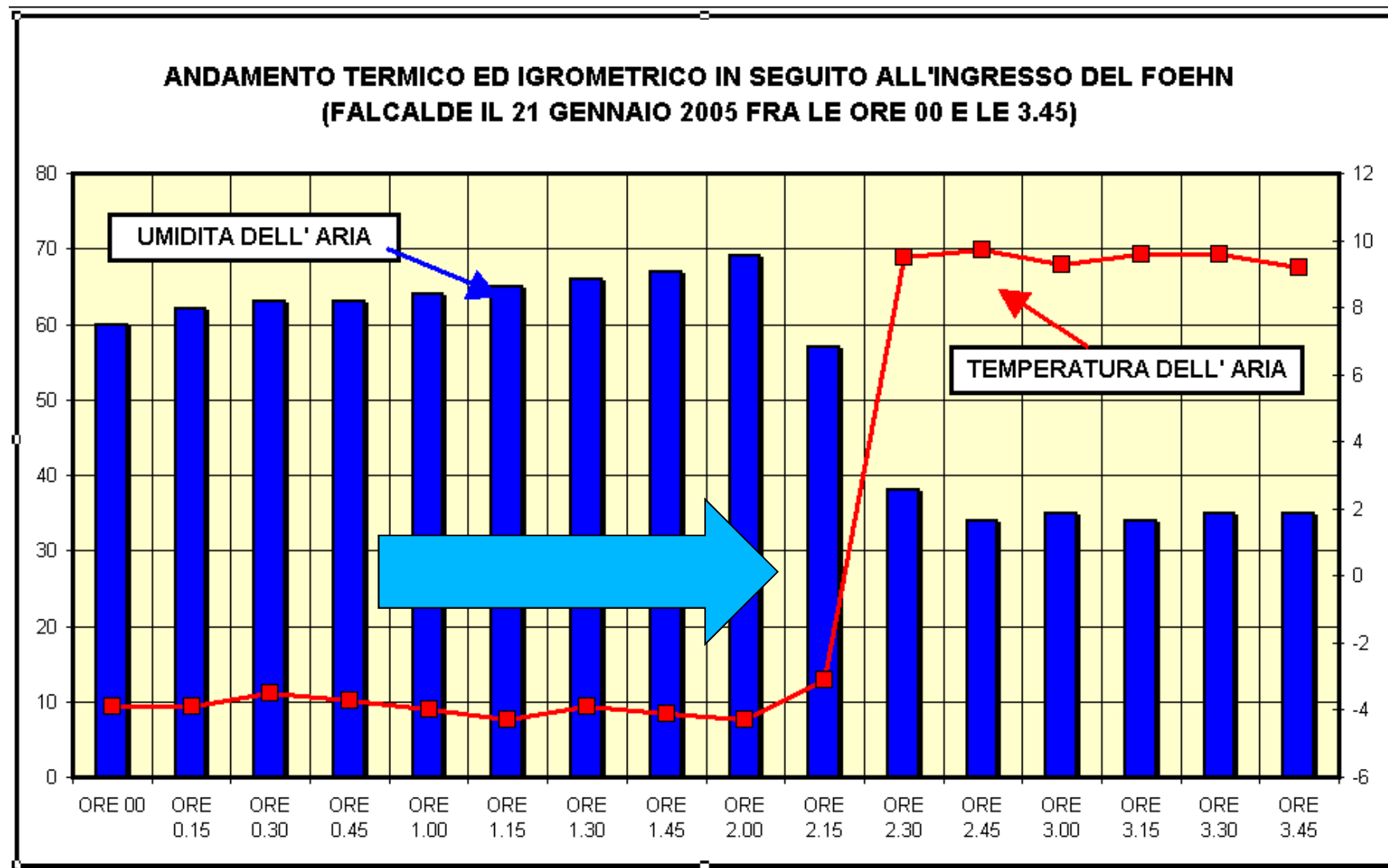
- FORTI GRADIENTE DI PRESSIONE FRA IL VERSANTE SOPRAVENTO (ALTA PRESSIONE) ED IL VERSANTE SOTTOVENTO (BASSA PRESSIONE)



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

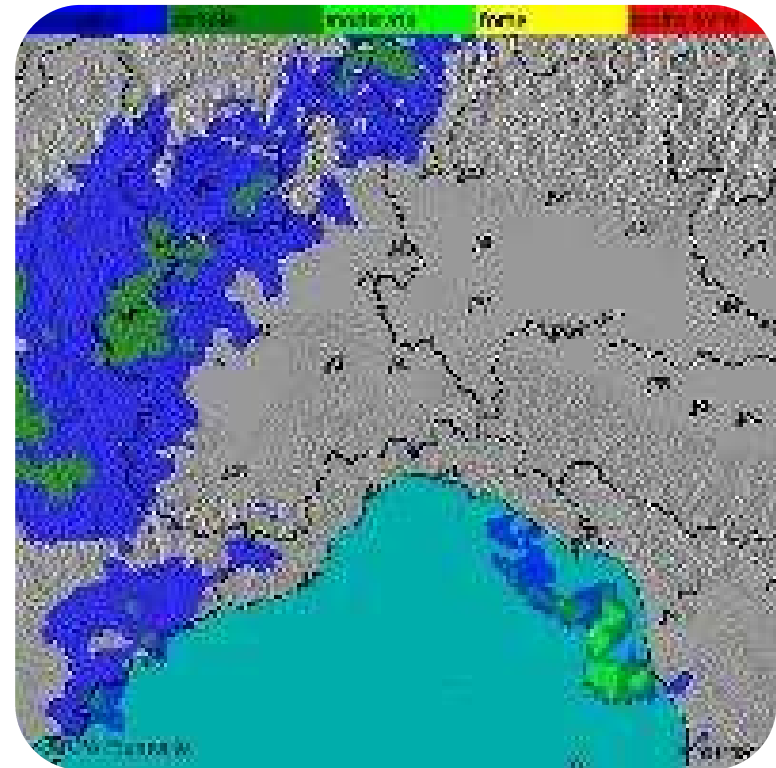
Nel caso
STAU/FÖHN il
principio generale
Alta Pressione =
bel tempo e Bassa
Pressione = **brutto
tempo non vale.**

ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA E DELL'ARIA



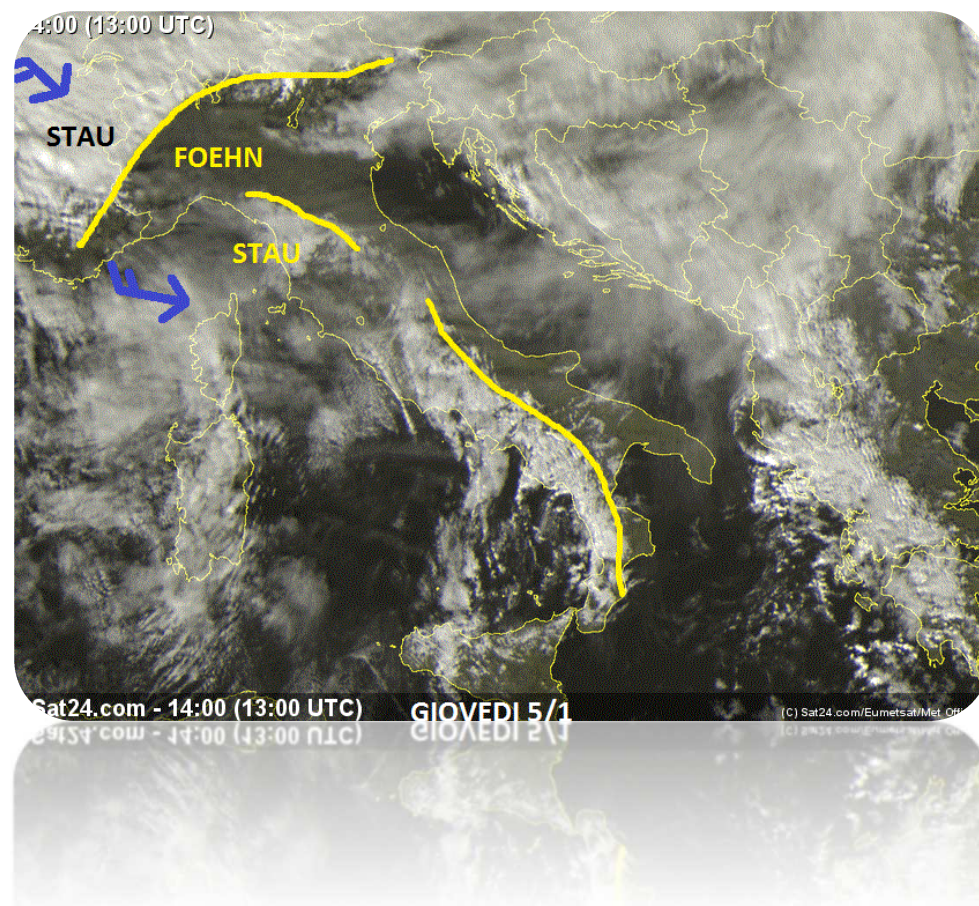
Giornate di föhn, esempio Torino

- 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.



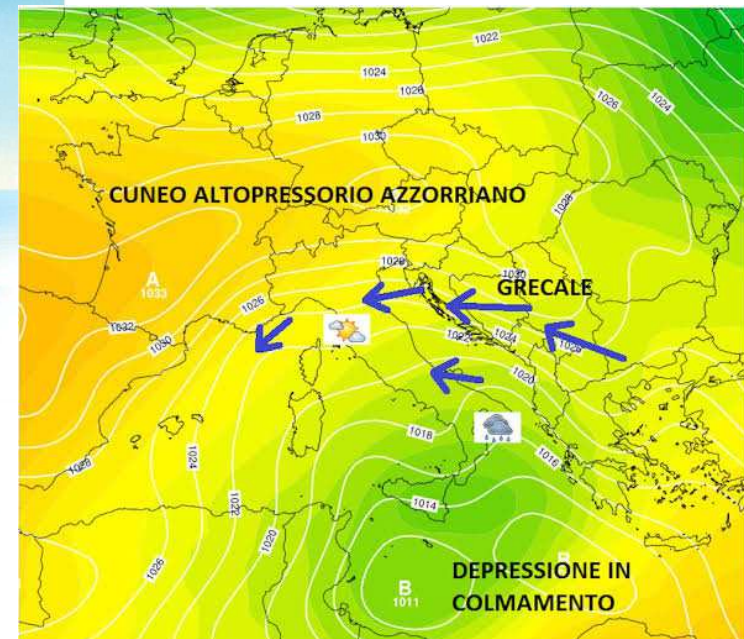
Versante Adriatico

- 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).



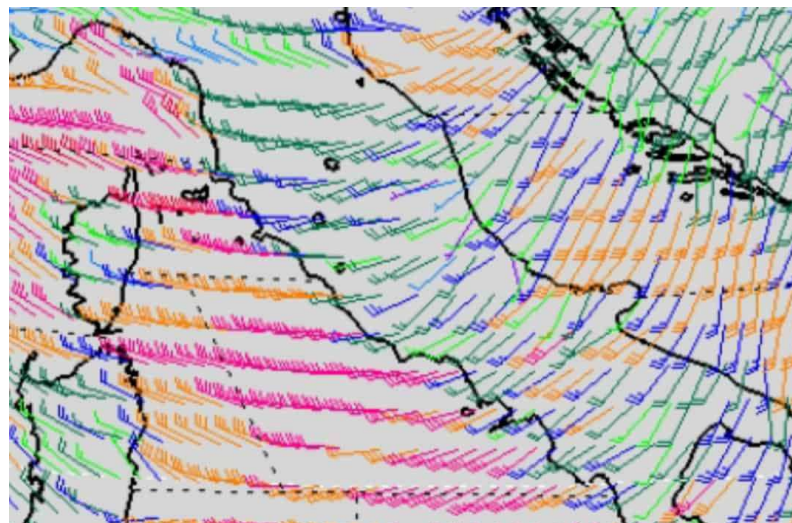
Effetto Garbino a pieno regime lungo il **versante adriatico**, con effetti maggiori tra **Abruzzo e Molise**, dove si sfiorano i **40°C** (39°C oggi domenica 1° agosto a Pescara!) al pari dell'estremo sud (qui però con cause diverse). Vi spieghiamo i motivi.

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



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

Quota dello zero termico

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

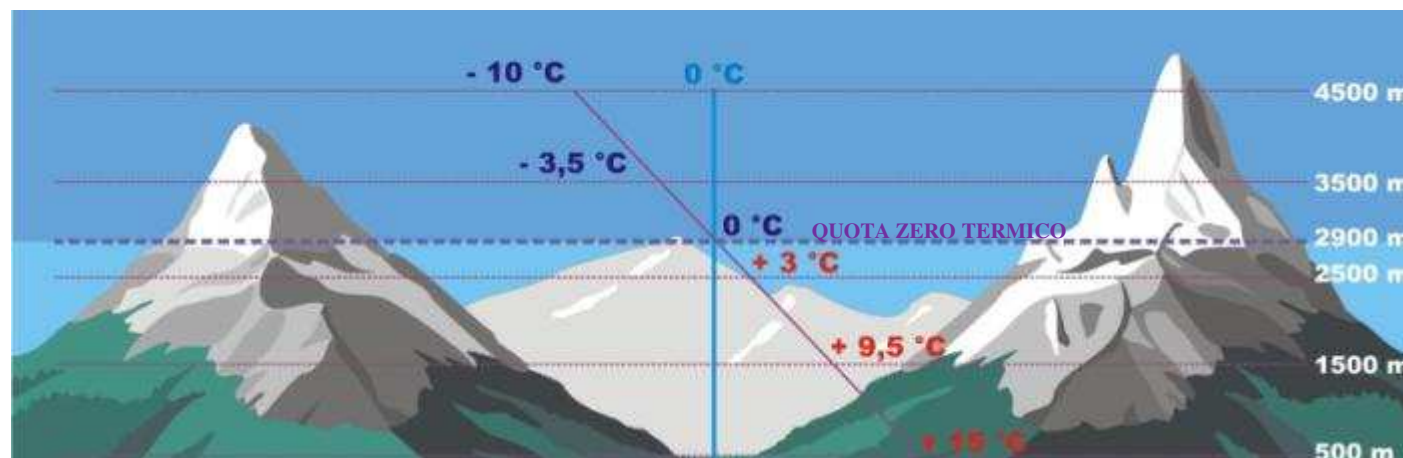
(esposizioni, natura del
terreno, orografia locale)

si fornisce un dato unico
corrispondente alla quota

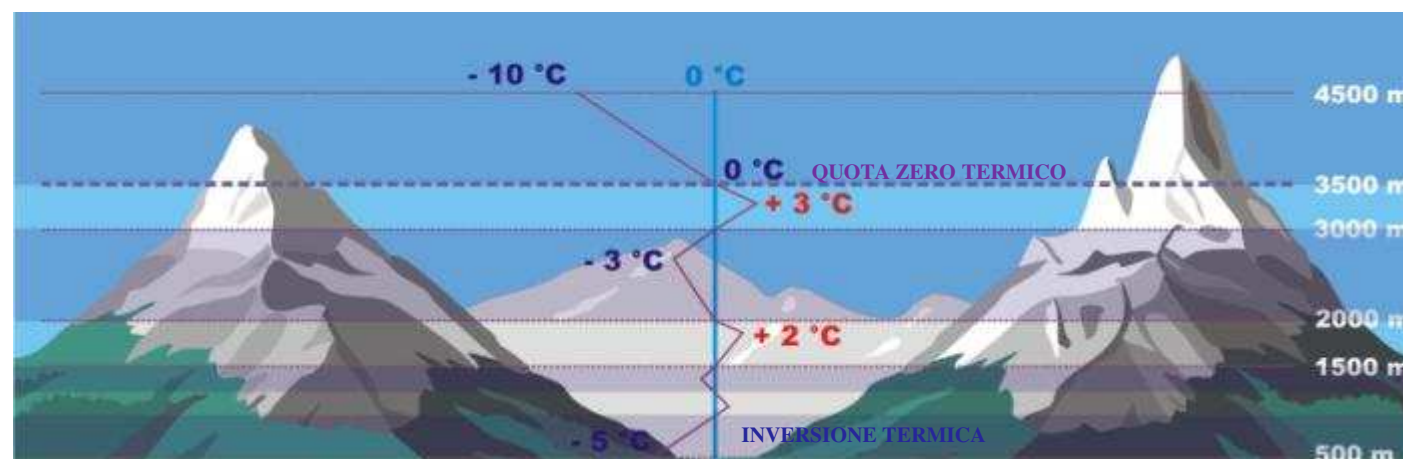
dello zero termico nella
libera atmosfera (valore

estrapolato dai
radiosondaggi).

GRADIENTE TERMICO STANDARD 0,65 °C/100 M

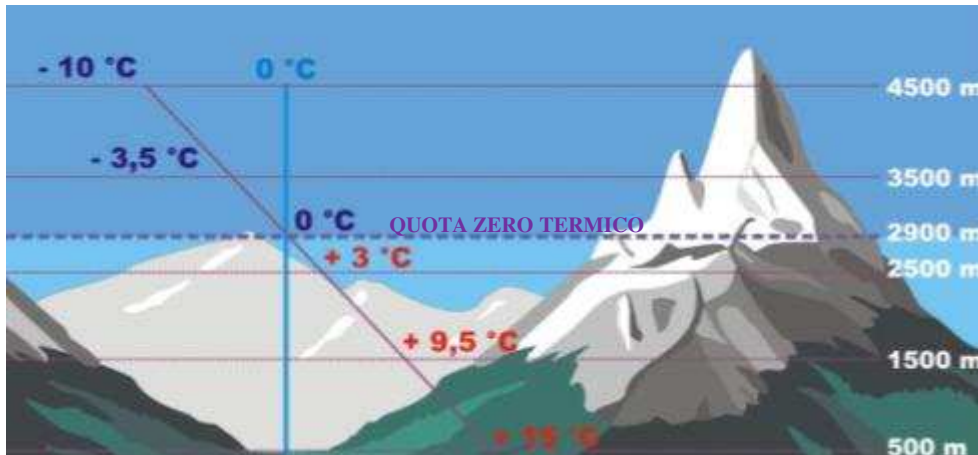


ATMOSFERA DI SITUAZIONE STABILE INVERNALE

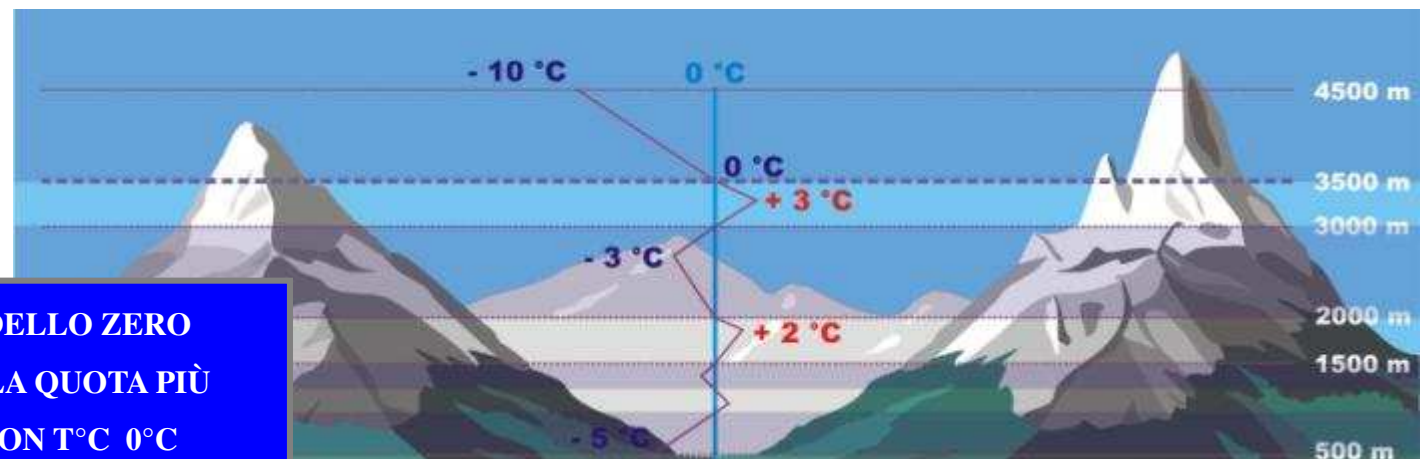


Chiarimenti sulle nozioni dello Z.T.

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



QUALI SONO O QUALE È LA QUOTA DELLO ZERO TERMICO?



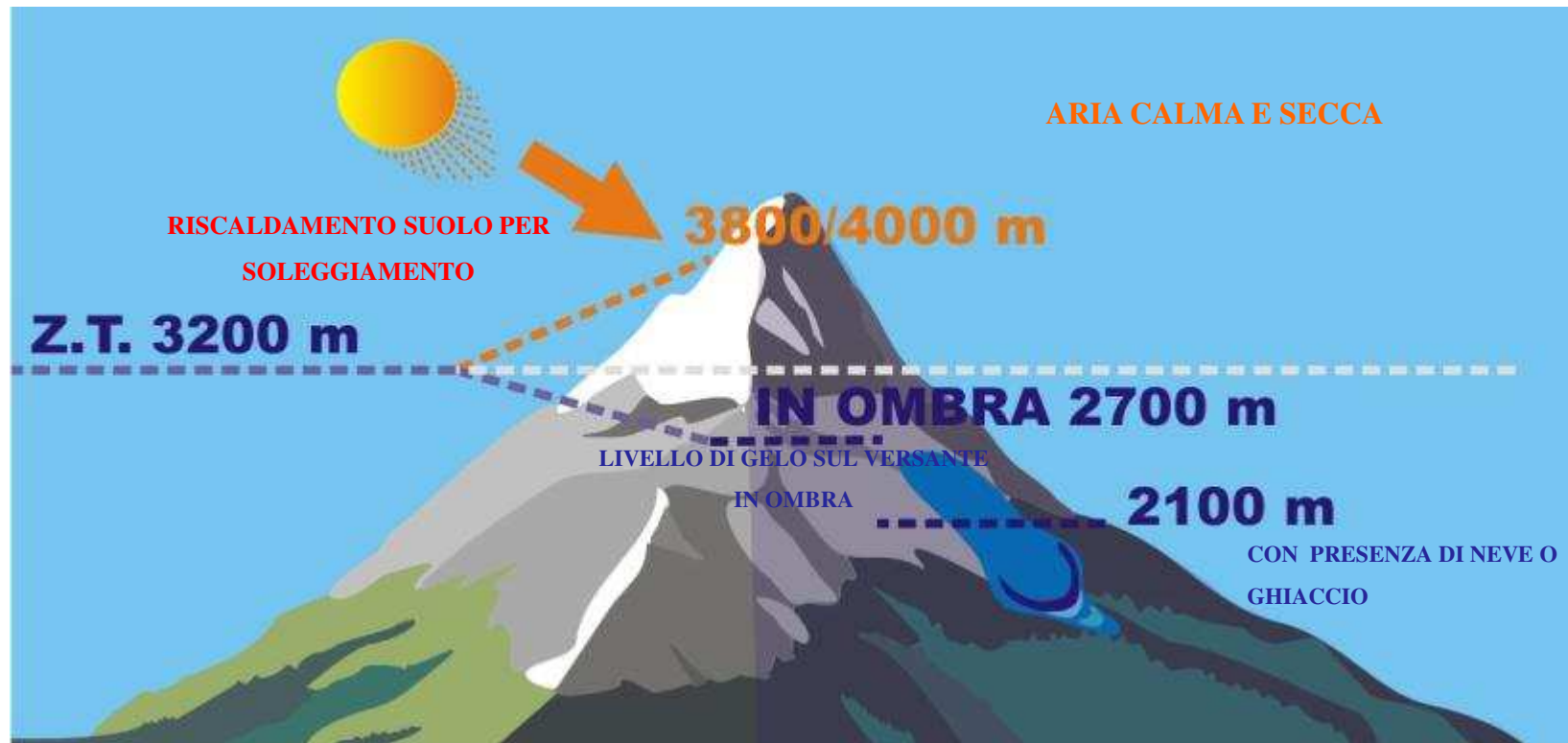
LA QUOTA DELLO ZERO TERMICO È LA QUOTA PIÙ ELEVATA CON T°C 0°C SENZA CONSIDERARE I LIVELLI D'INVERSIONE

Quota dello zero termico previsto e realtà locale

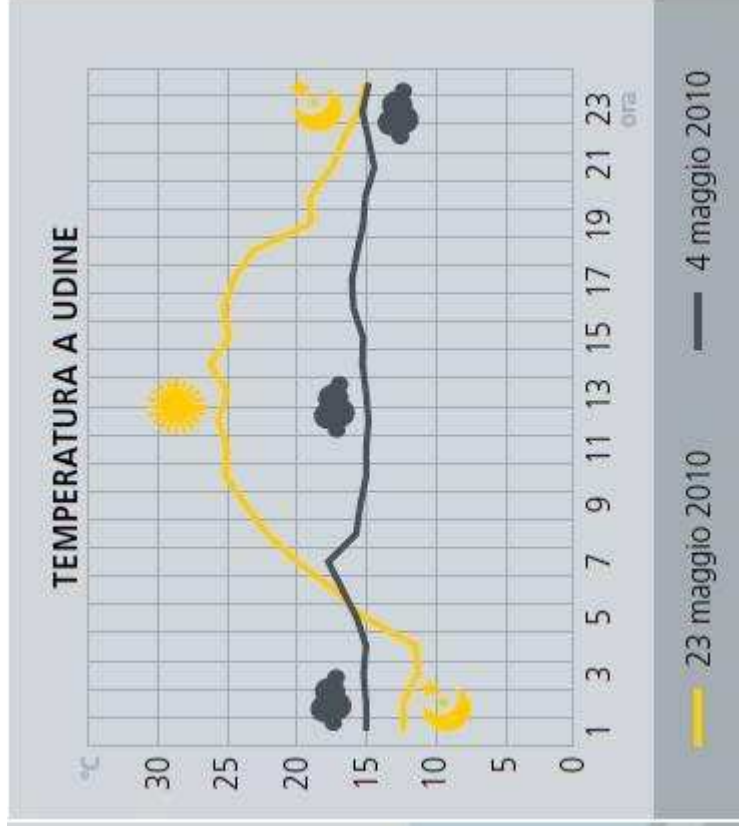
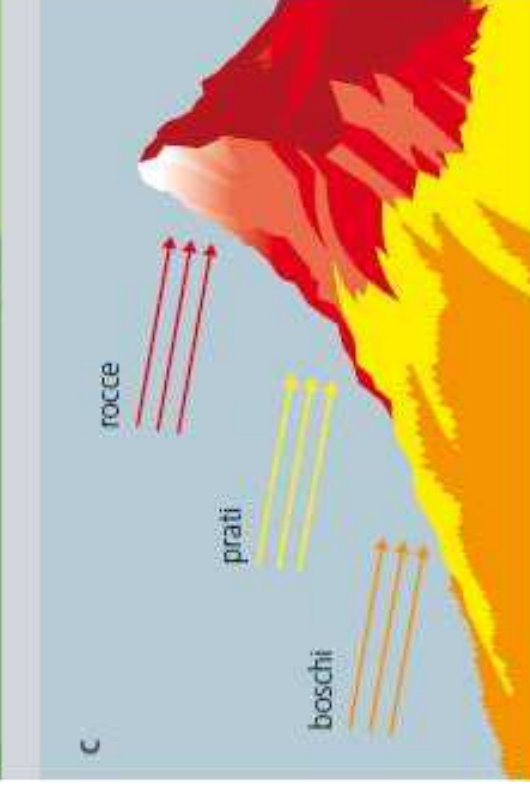
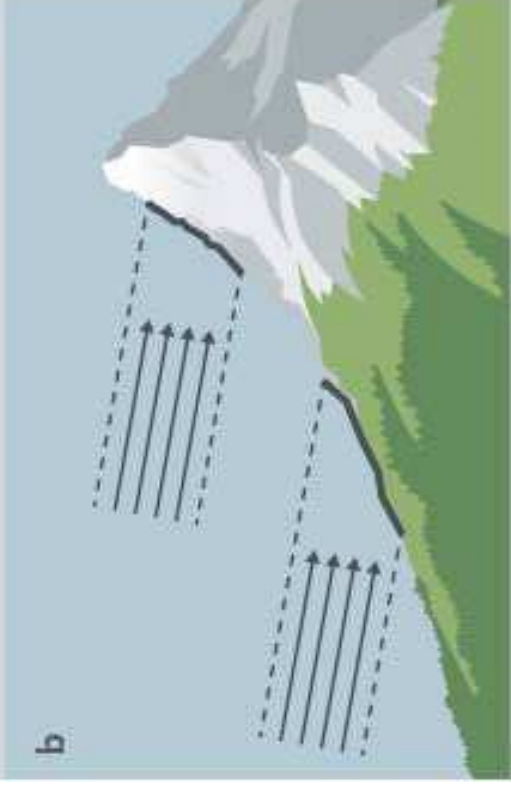


In caso di rimescolamento aerologico e di alto tasso di umidità, la quota dello zero termico tende ad essere assai lineare su tutti i versanti e su tutti i tipi di terreno

Quota dello zero termico previsto e realtà locale

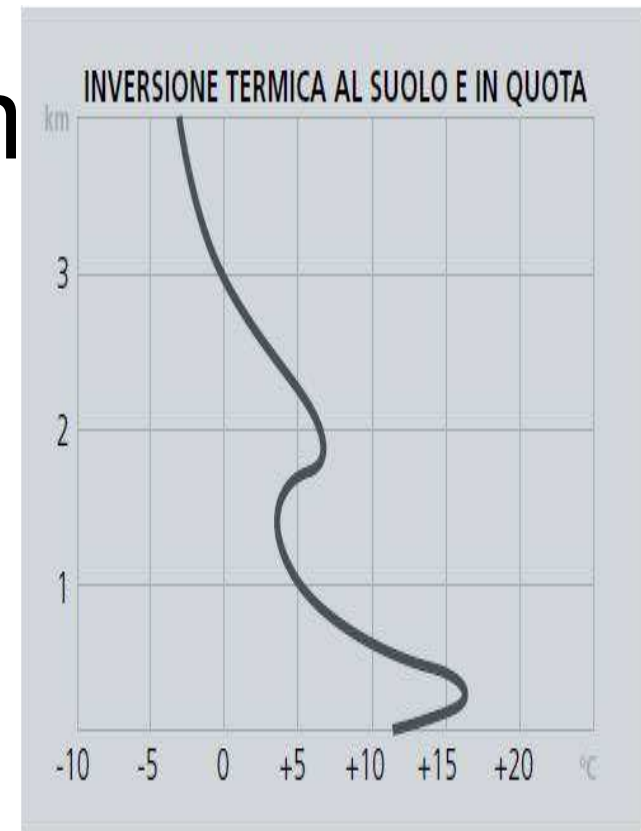


In caso di bel tempo e di aria secca, senza forte ventilazione, vi sono forti divari fra la quota dello zero termico osservata nella libera atmosfera e lo zero termico osservato al suolo in funzione dei versanti considerati e della natura del terreno



L'INVERSIONE TERMICA COS'È, QUALI TIPI CI SONO

Normalmente all'aumentare della quota la temperatura dell'aria diminuisce di circa $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m di innalzamento. Tuttavia, soprattutto nella stagione fredda, l'andamento verticale della temperatura può risultare diverso. Molte volte, infatti, ci sono strati di atmosfera in cui la temperatura, invece che diminuire, aumenta con l'aumentare della quota; questa condizione si chiama inversione termica (sotto freddo e sopra caldo, mentre normalmente è viceversa). Uno strato di inversione termica può avere la base a contatto con il terreno, oppure più in alto: nel primo caso si parla di inversione al suolo, nel secondo di inversione in quota; esse hanno origini diverse.



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.



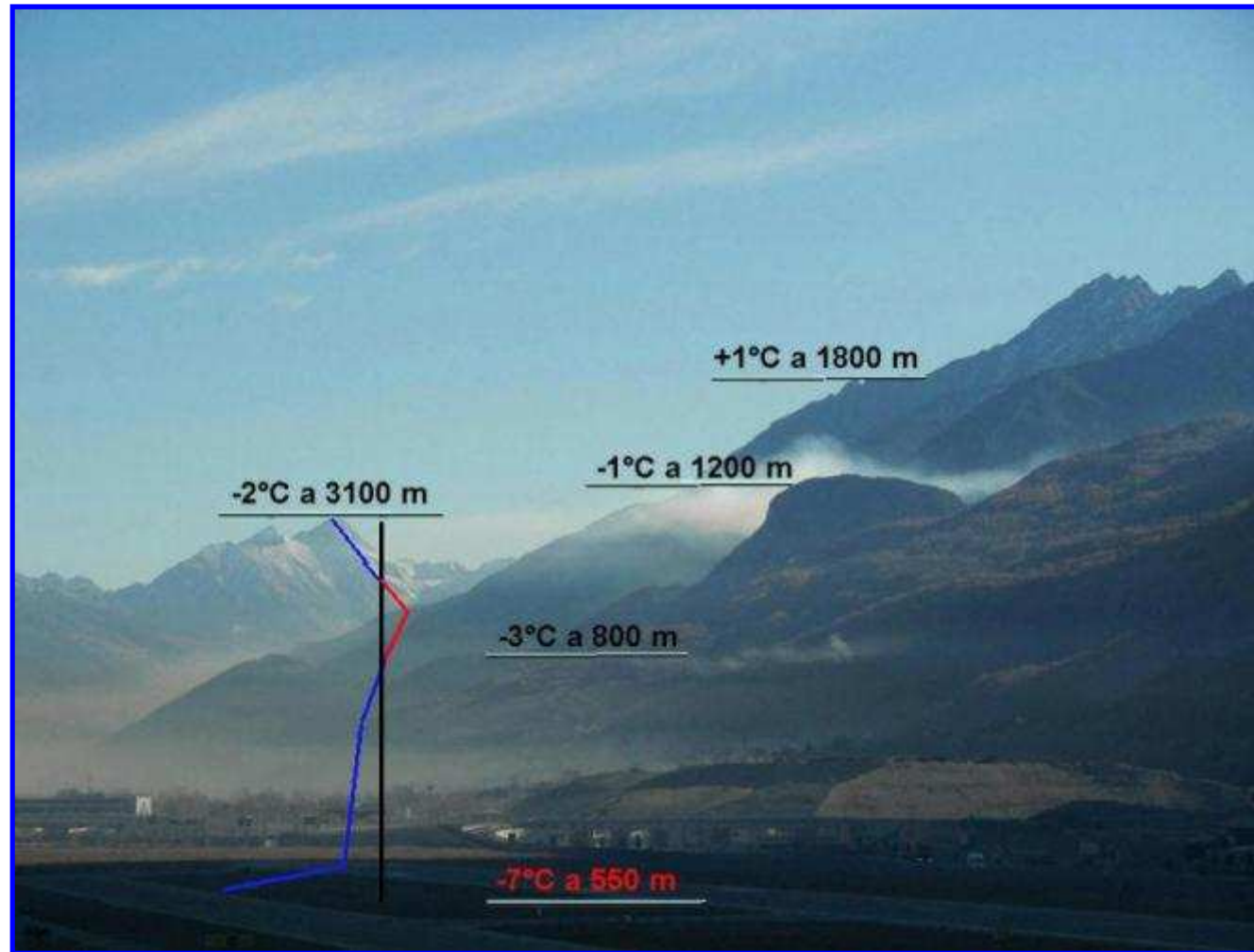
L'inversione termica

SCORRIMENTO DI ARIA FREDDA (DENSA) VERSO I FONDOVALLE

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



Inversione termica al suolo



La temperatura è di -2°C a 3000 m ed aumenta fino a 1800 m, dove raggiunge 1°C, poi scende nuovamente fino a -3°C ad 800 m. Infine la diminuzione si accentua negli strati più bassi con -7°C a fondovalle, si rende anche visibile sottoforma di foschia.

Inversione termica nei bassi strati



Inversione termica invernale
con nubi basse negli
strati più bassi

Inversione termica notturna
estiva con foschia ben visibile
negli strati più bassi

Profilo termico





Mauro.valt@gmail.com

Meteorologia alpina di mauro valt



Limite della precipitazione
nevosa

Limite delle nevicate

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

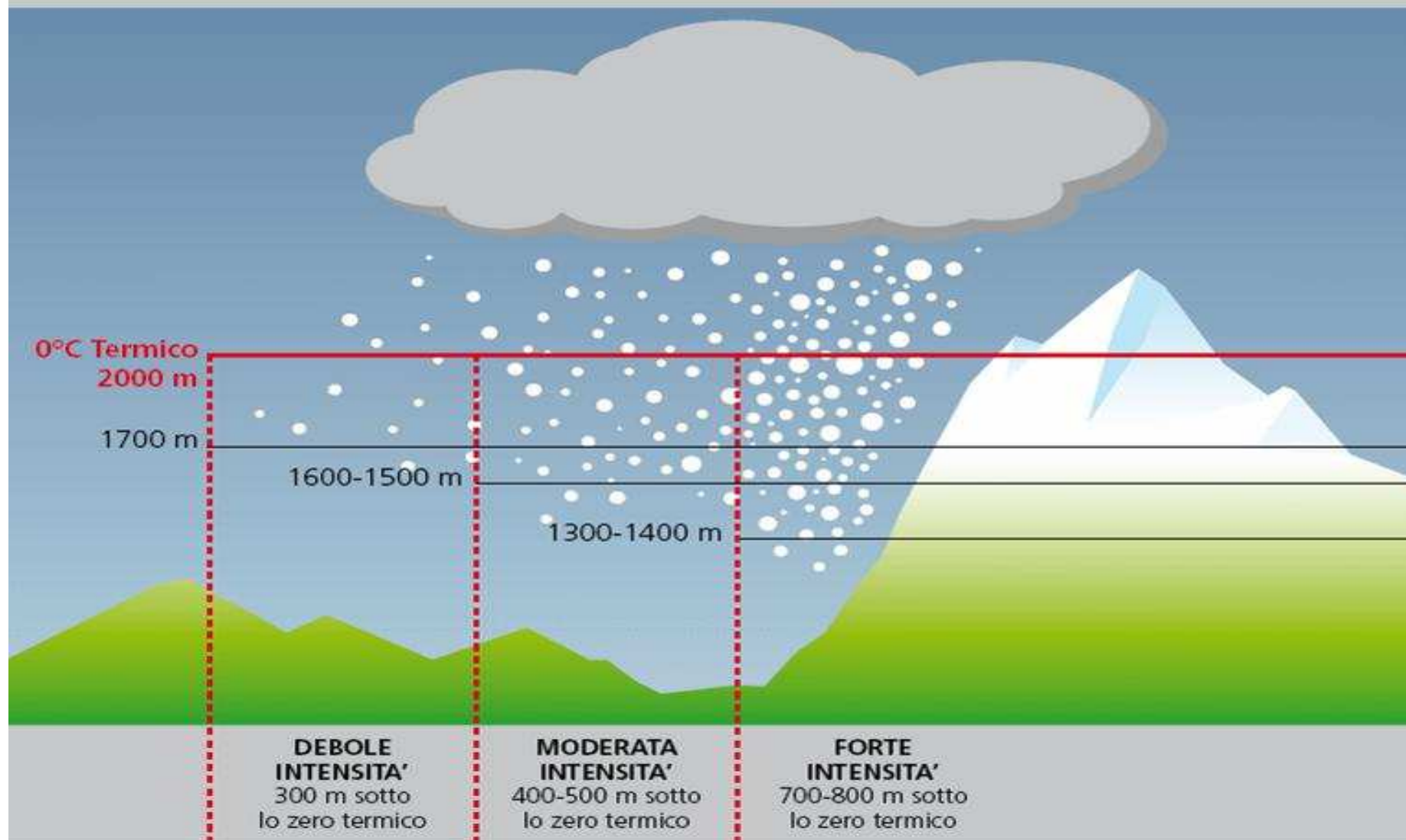
Tale quota non corrisponde necessariamente al limite di accumulo di neve al suolo

Il limite delle nevicate dipende da numerosi fattori:

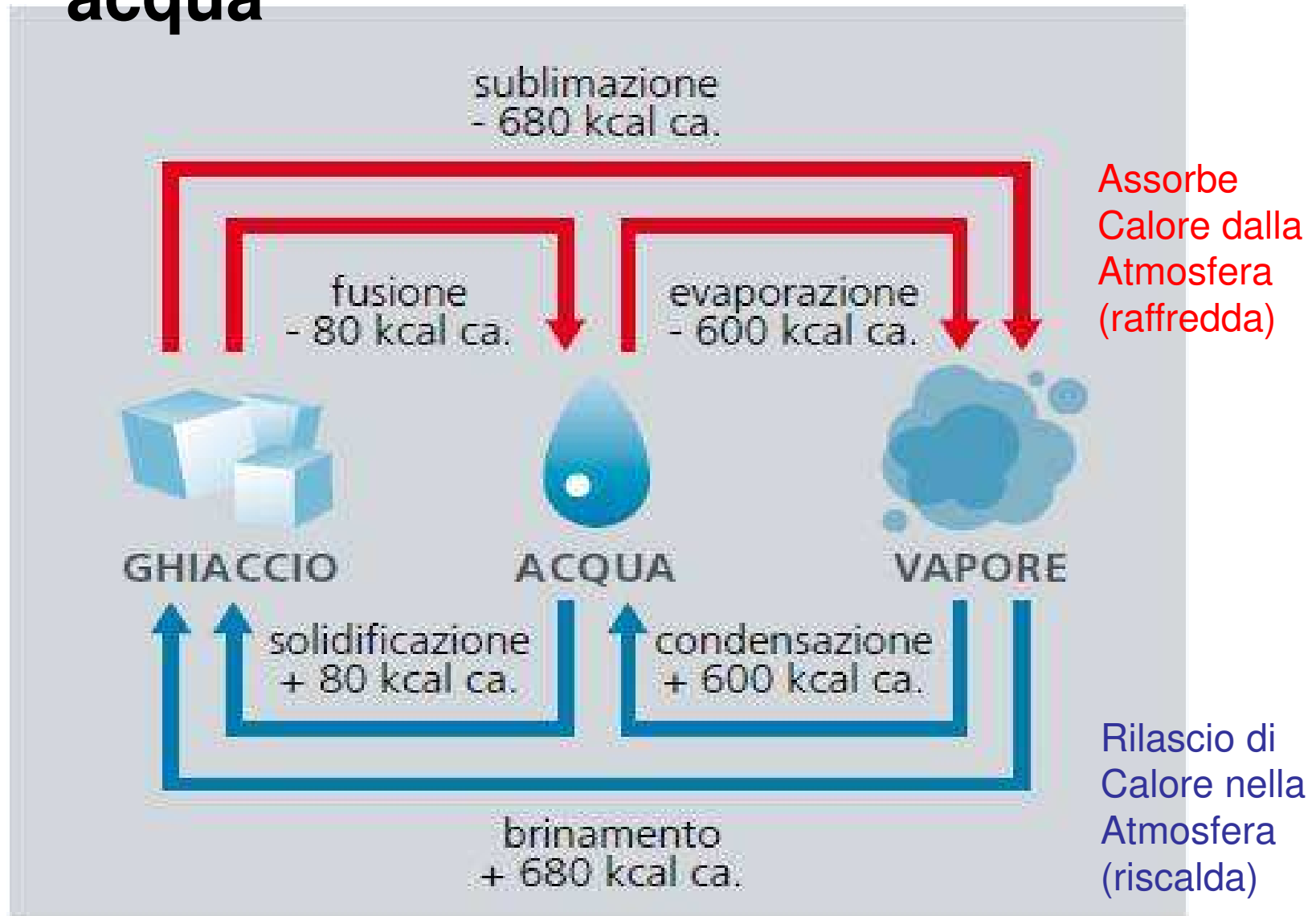
- la quota dello zero termico;
- l'intensità e la durata della precipitazione nevosa;
- la presenza di uno strato d'inversione termica o di isoterma;
- le configurazioni topografiche locali;
- la posizione geografica (zone interne della catena alpina e zone vicine alla pianura).

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

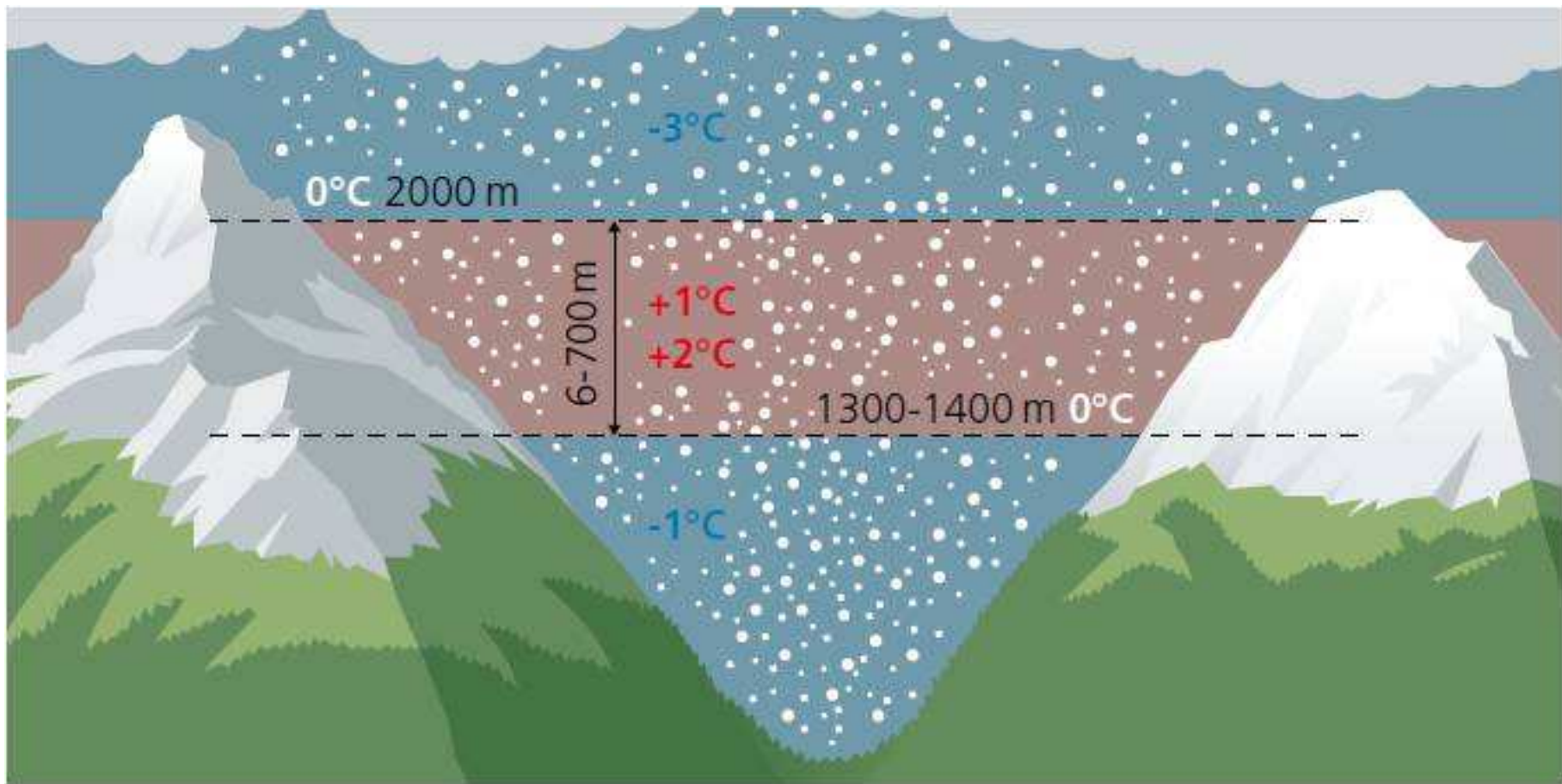


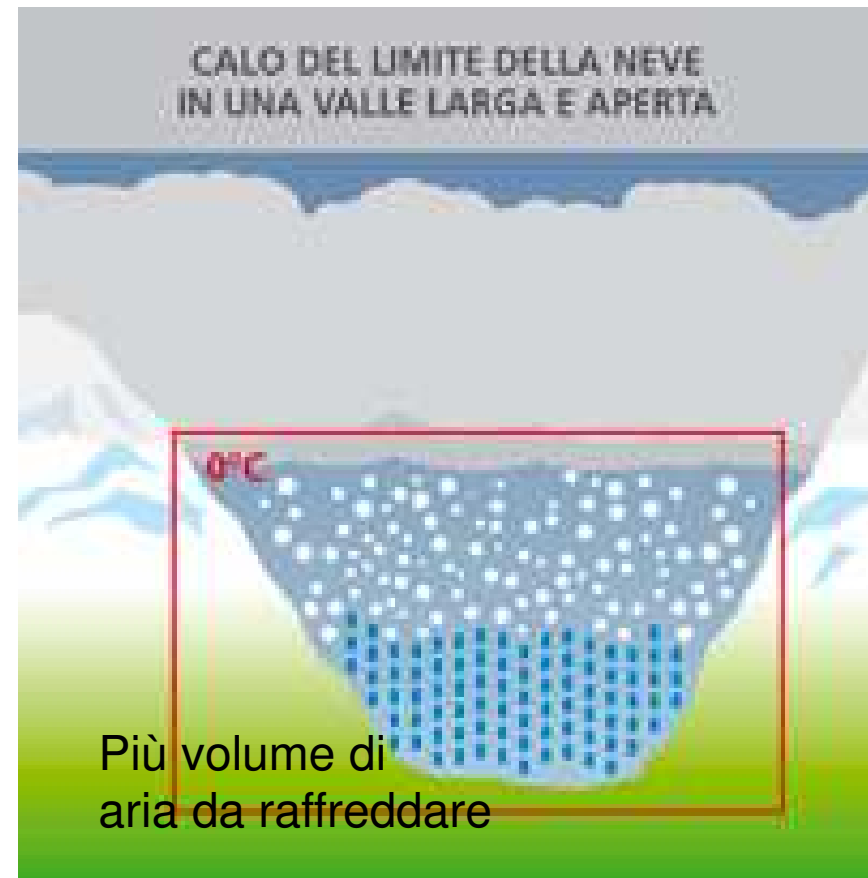
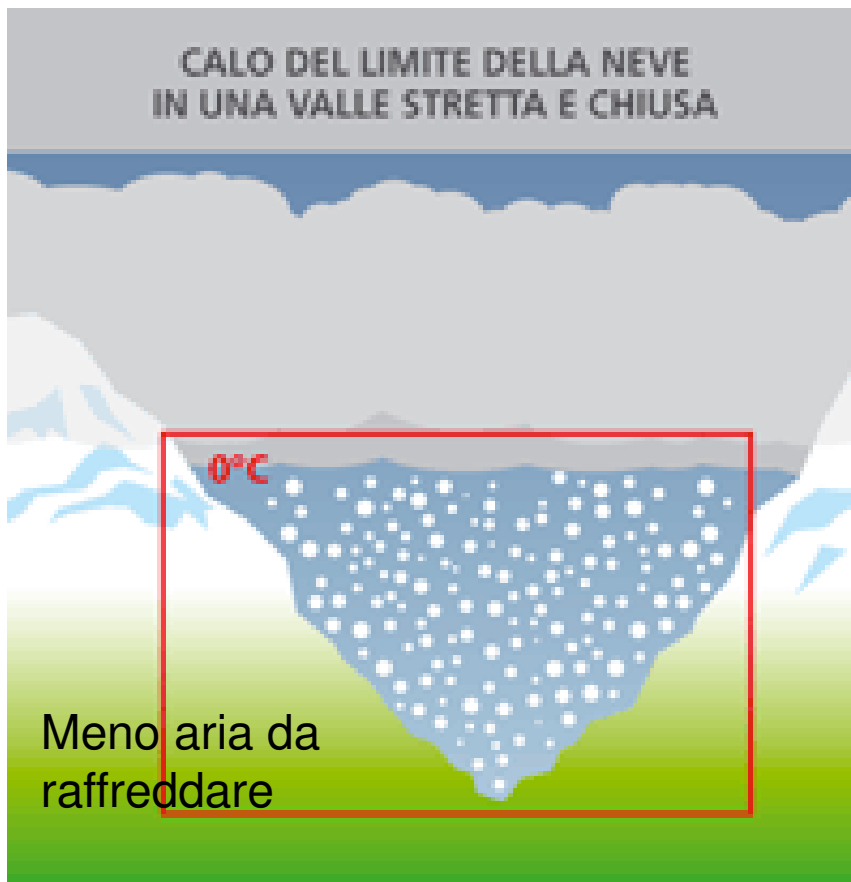
Passaggi di stato della molecola acqua



Dipendenza del limite della nevicata

Inversione termica



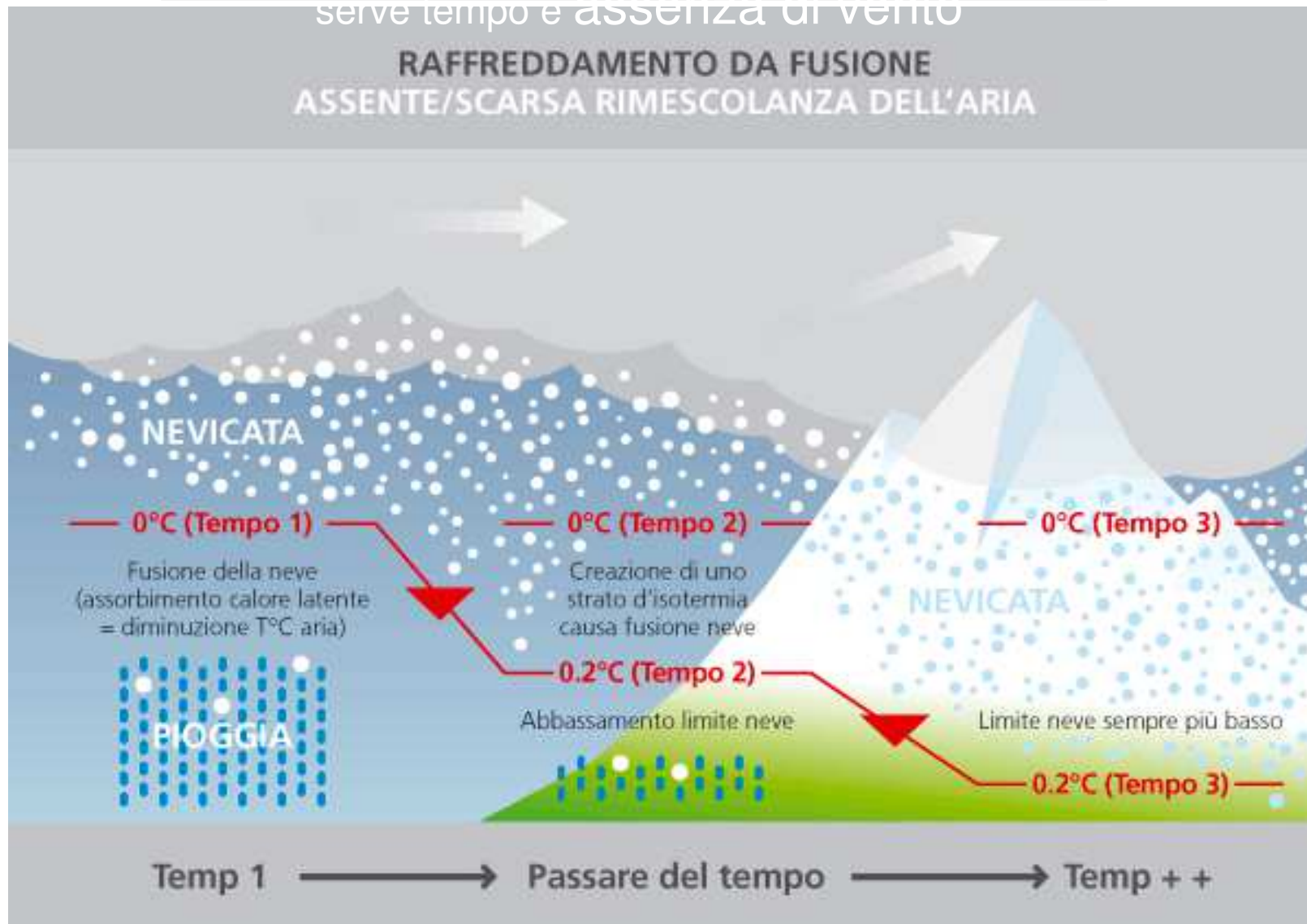


Nelle **valli strette** e chiuse il limite della neve tende a **scendere di più** che non nelle valli larghe, soprattutto in caso di non rimescolanza (venti deboli o assenti).

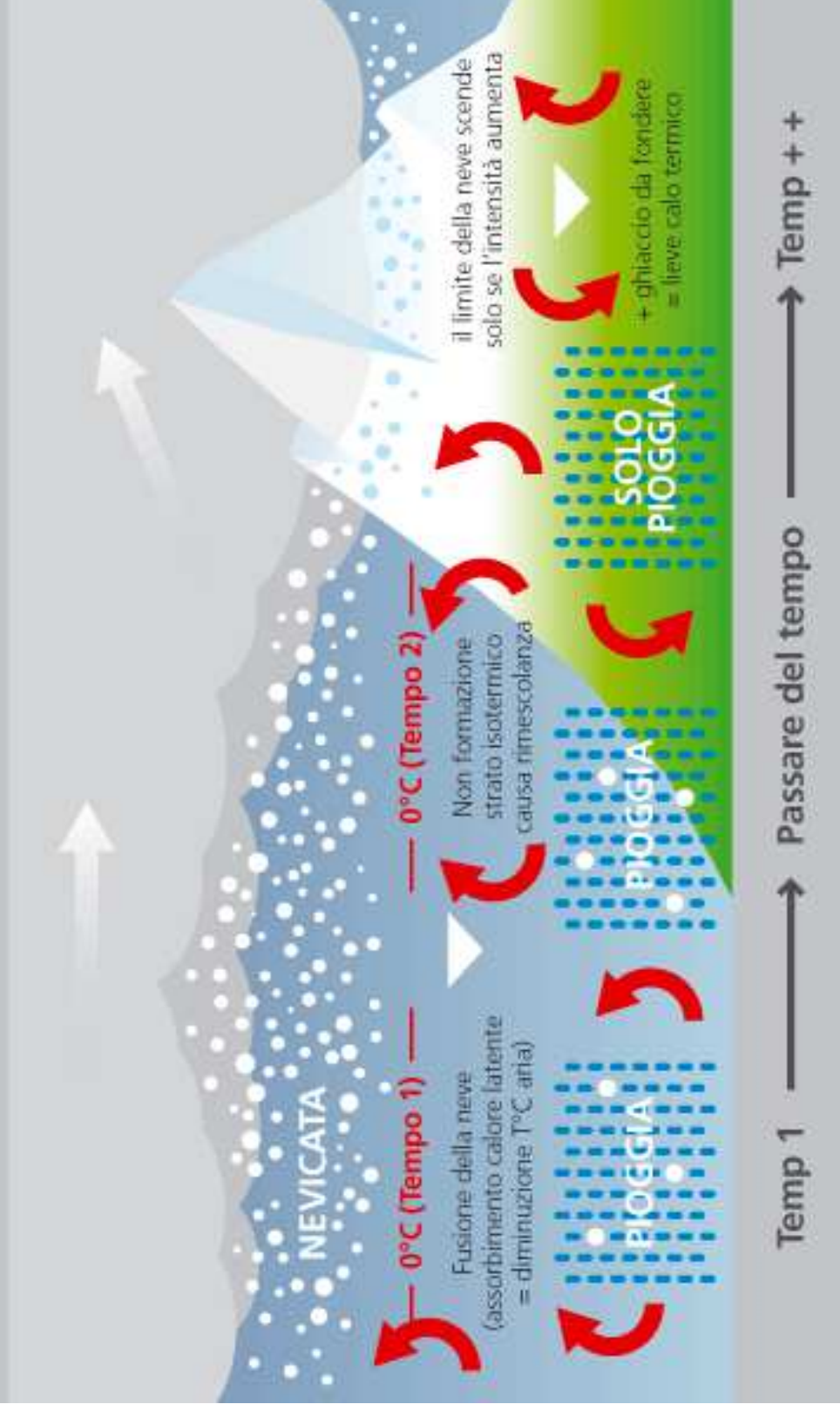
Il volume di atmosfera che consuma calore durante la fusione della neve, e quindi che si raffredda, è minore nelle valli più strette;
la neve raffredda l'atmosfera fino a quote più basse

La durata del processo da raffreddamento da fusione:

serve tempo e assenza di vento



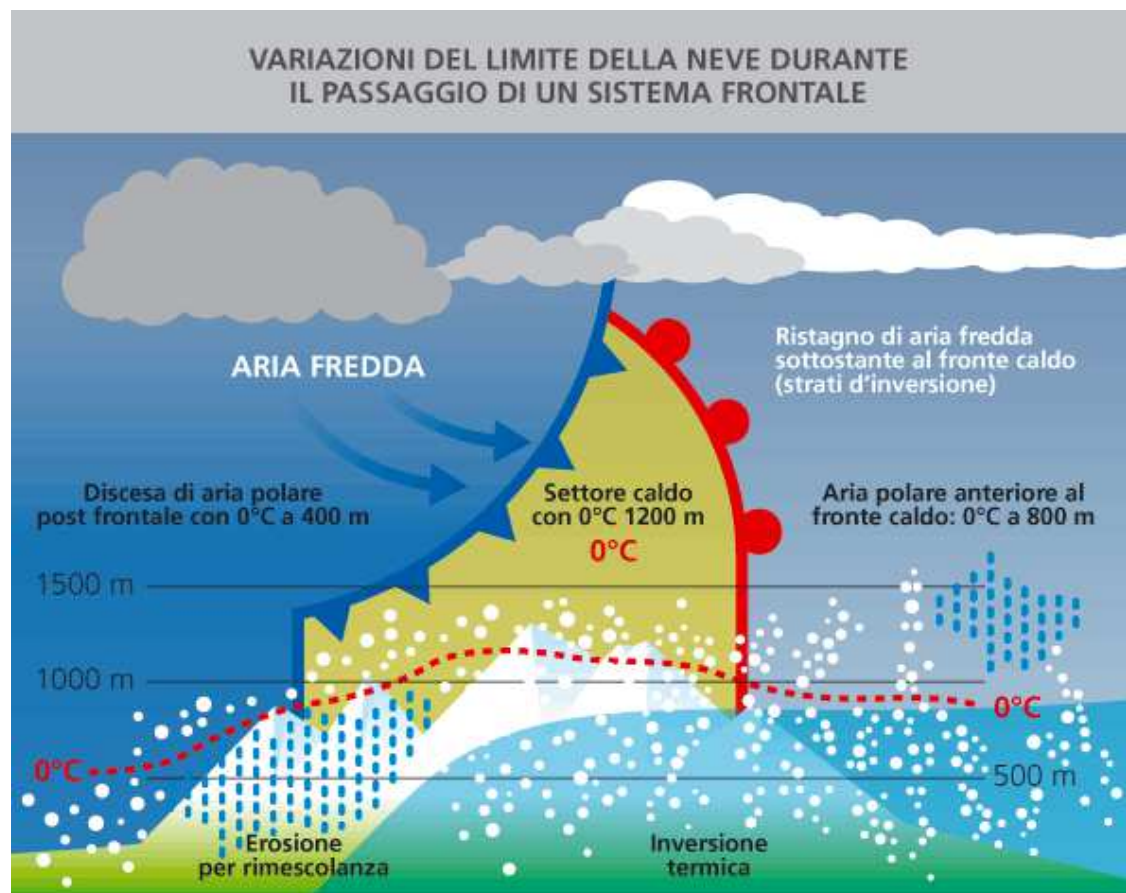
RAFFREDDAMENTO DA FUSIONE RIMESCOLANZA DELL'ARIA



LA NEVE DA CUSCINETTO FREDDO

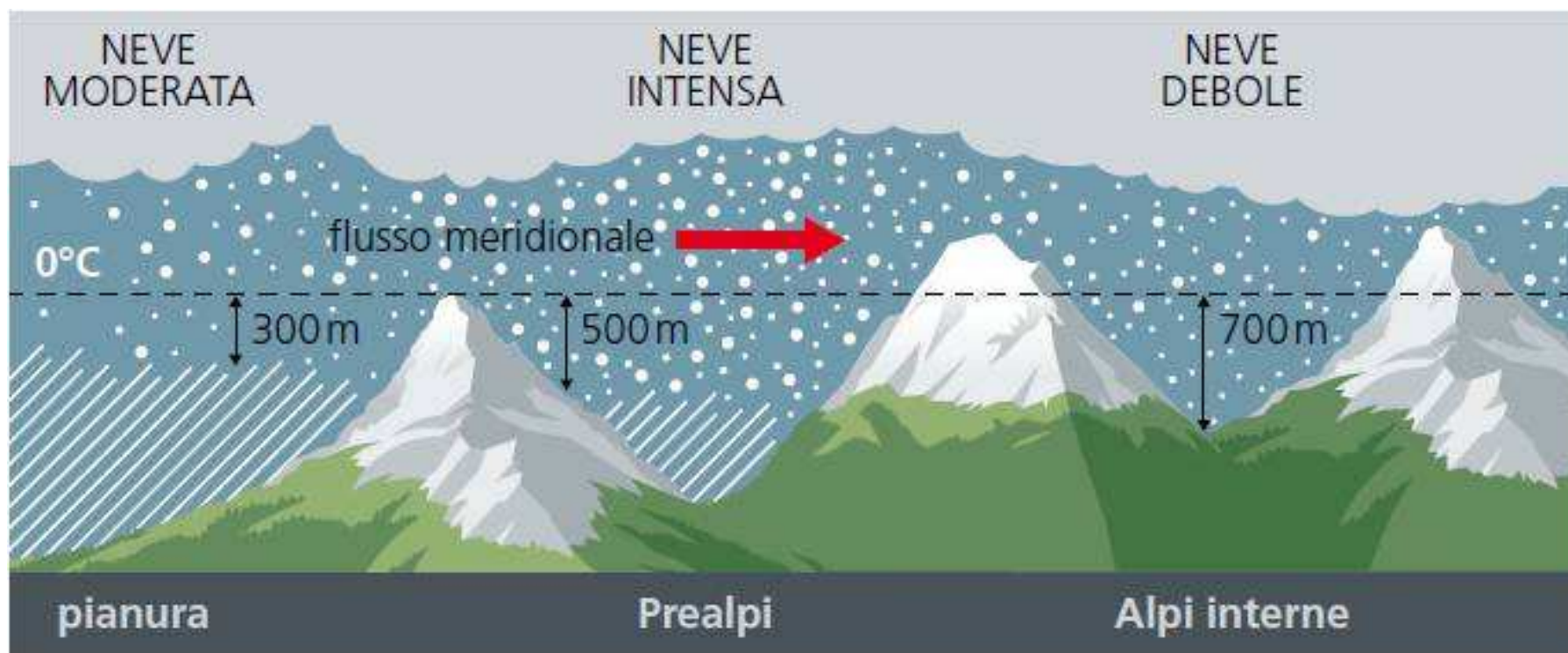
- **EROSIONE DELLO STRATO FREDDO NEI BACINI INTRA MONTANI O SULLA PIANURA PADANO VENETA**

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

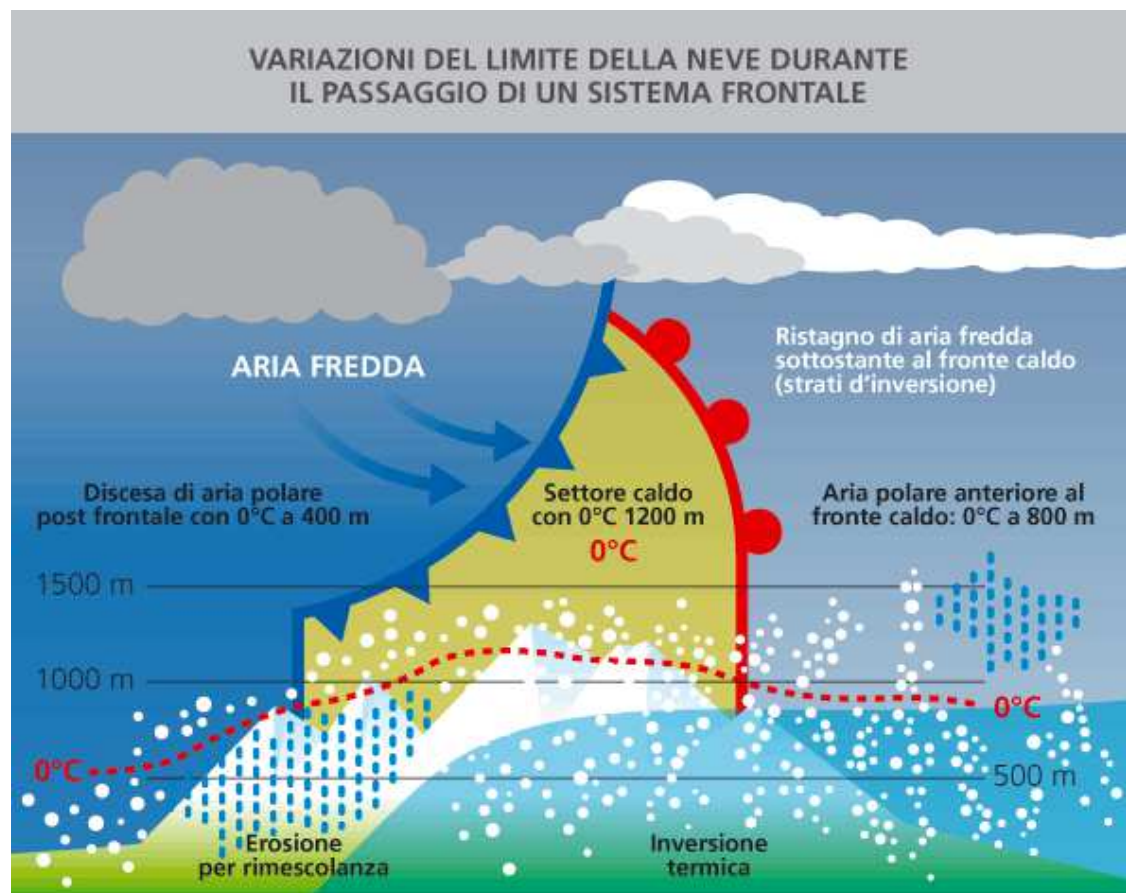
L'aria calda passa
sopra

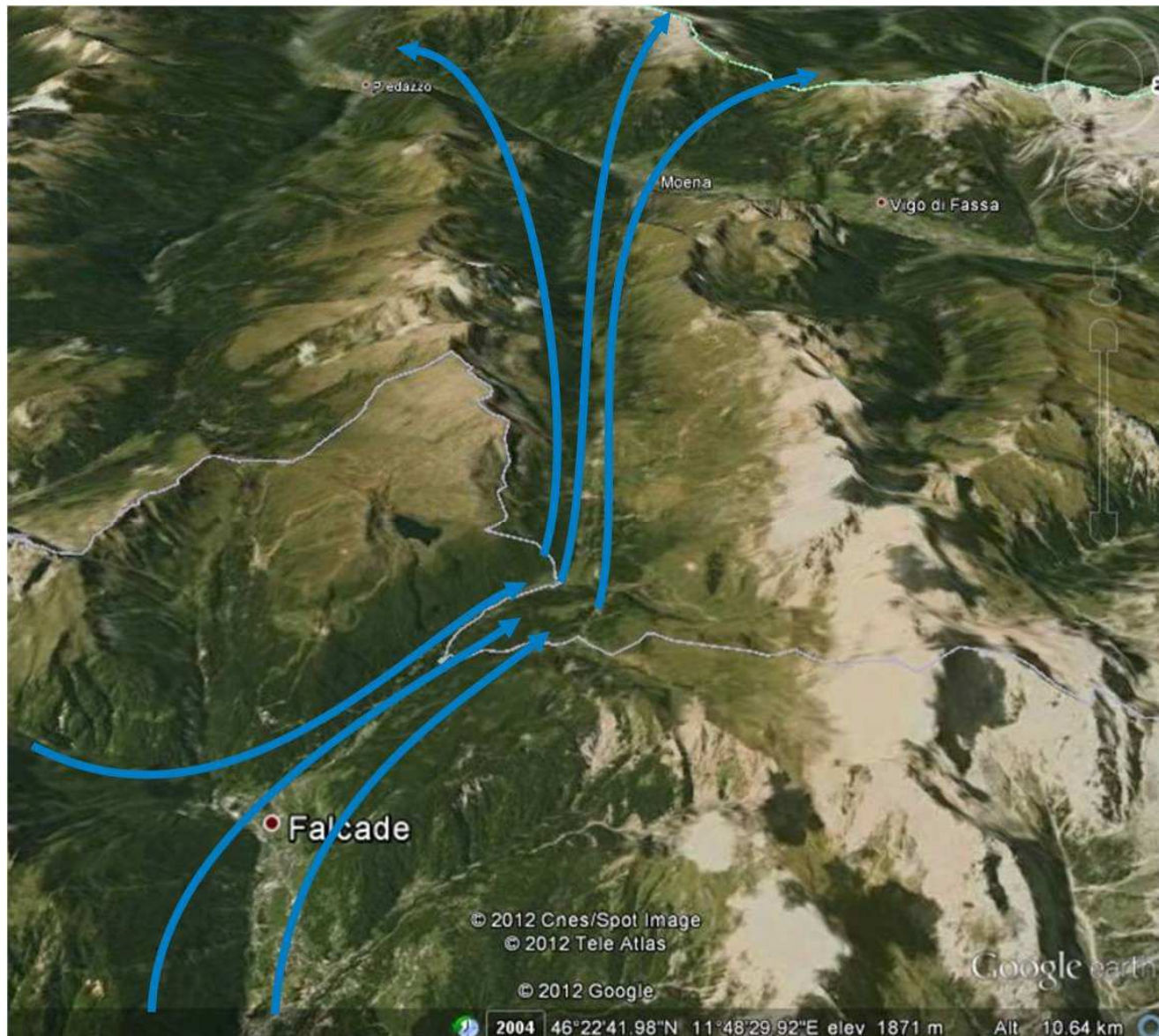
Meno sollevamento
Nevica meno

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.

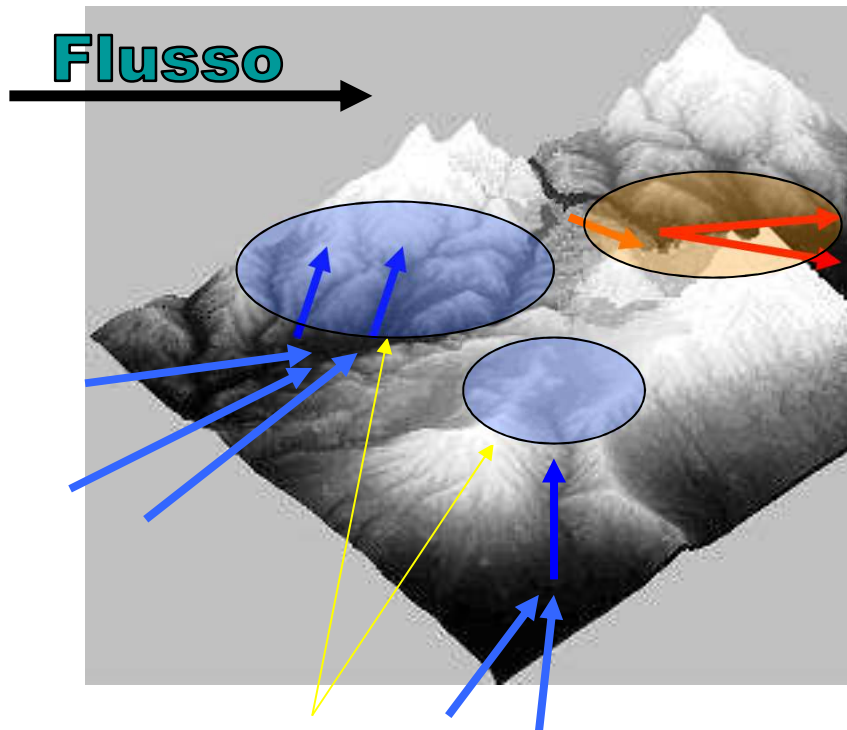




Component e orografica

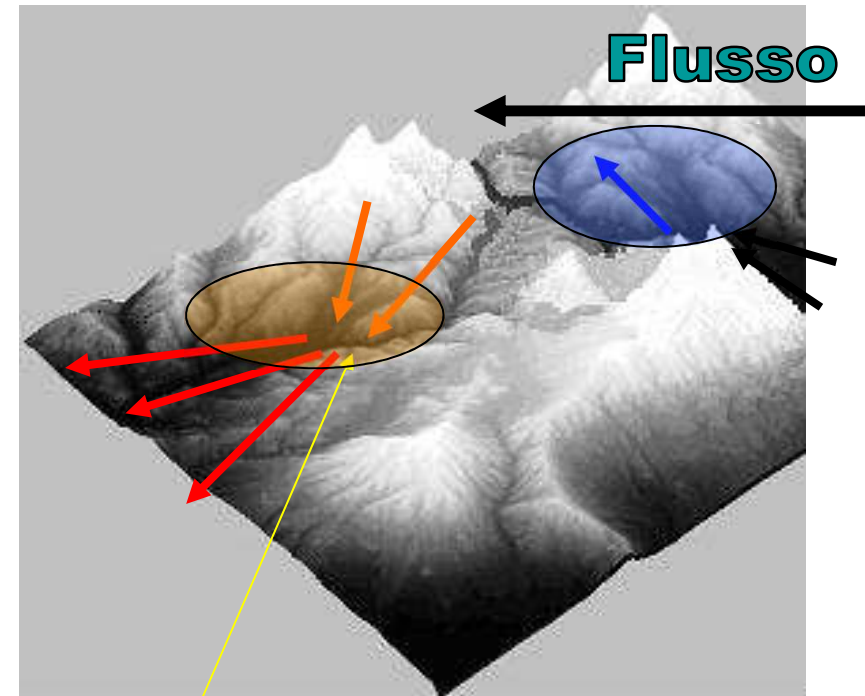
Micro-circolazione – limite neve

Convergenza e ascendenza



Settori con precipitazioni di maggiore intensità ed incremento degli apporti, fino a 15/30% in più rispetto alla media

Subsidenza e divergenza



Settori con precipitazioni di minore intensità e deficit degli apporti, fino a 15/20% in meno rispetto alla media

L'importanza dell'esposizione con maggiori precipitazioni nei settori sopravvento, soprattutto se oltre all'esposizione favorevole si hanno fattori come la convergenza e il sollevamento forzato, che consentono l'incremento delle precipitazioni. Al contrario, in caso di divergenza e di flussi catabatici, si osserva una diminuzione dell'intensità ed un deficit degli apporti su ogni singolo episodio con precipitazioni.

Quantità di neve con la quota

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)

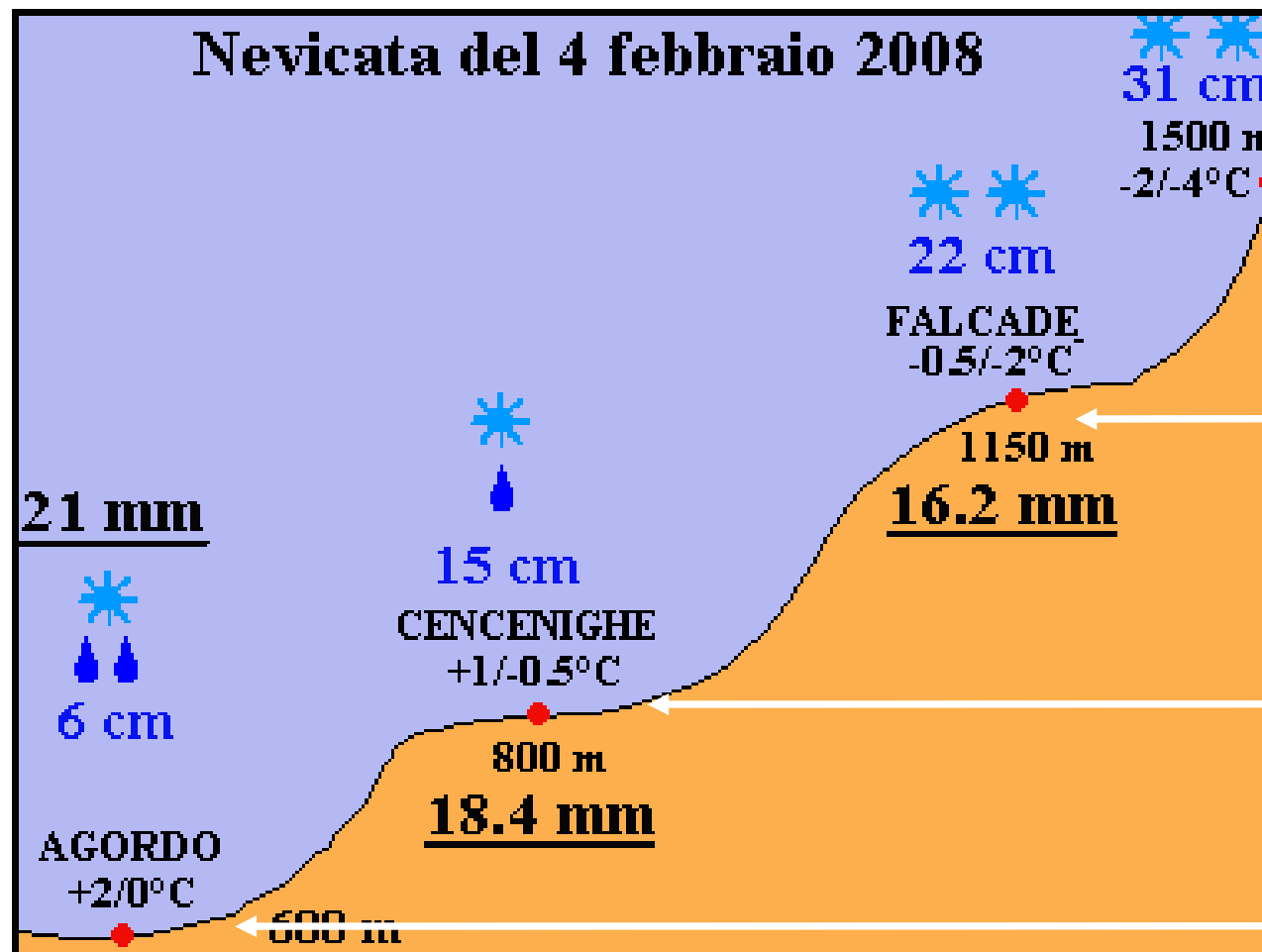
Densità della neve,
temperatura aria,

Neve soffice e leggera

Neve asciutta

Un po' di pioggia
neve umida

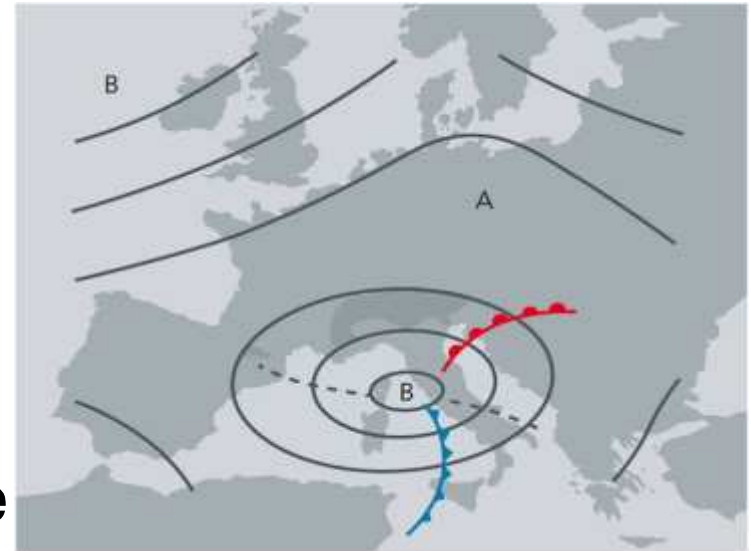
Molta pioggia e
Neve bagnata



Tipi di tempo sulle Marche

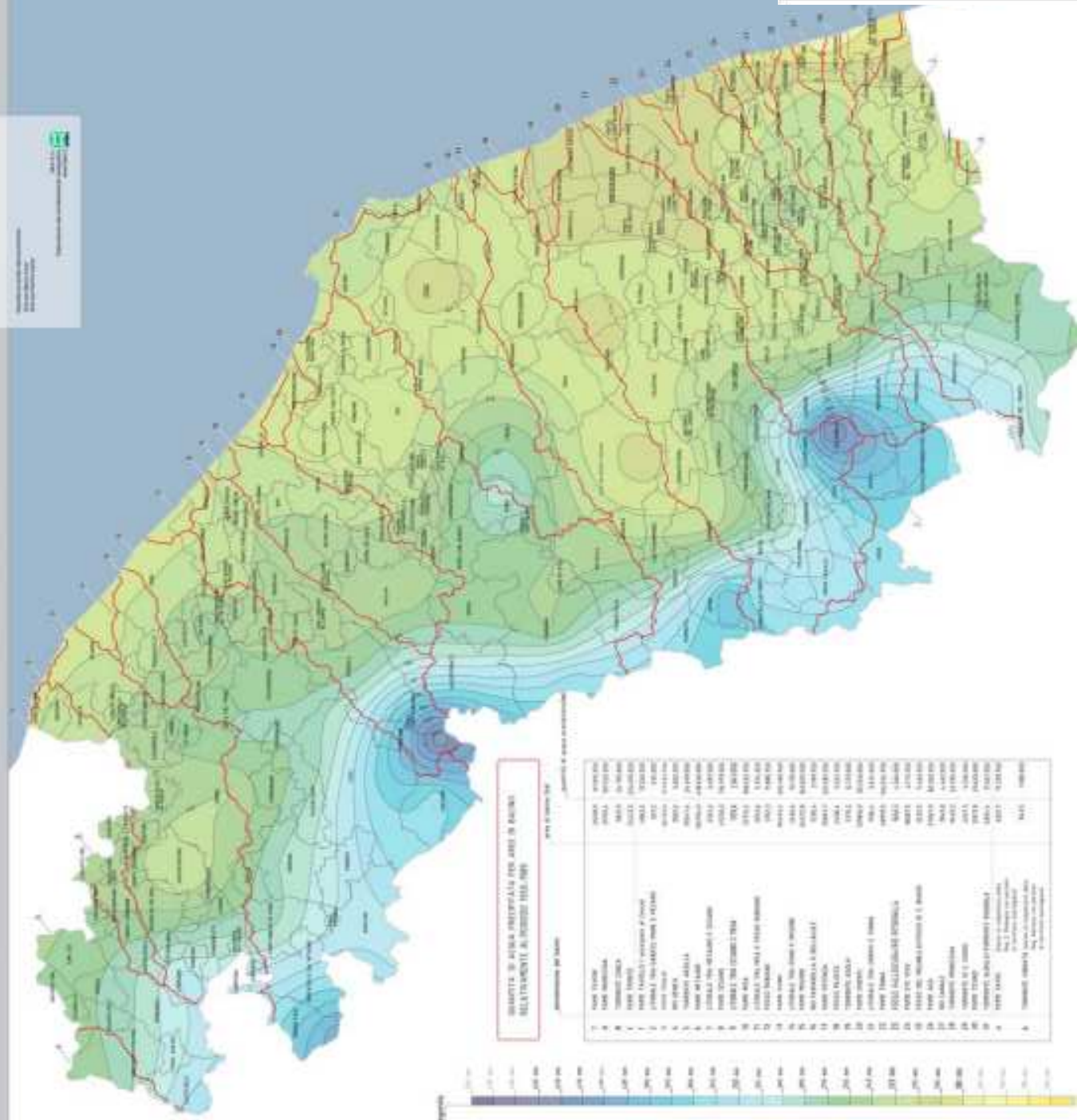
Autunno

- in autunno, si raggiunge il massimo apporto delle precipitazioni, per il fatto che sia le perturbazioni atlantiche provenienti da NW, che le depressioni mediterranee vanno ad interessare direttamente la regione; inoltre le perturbazioni risultano particolarmente attive, poiché le masse di aria subiscono l'intensa azione destabilizzatrice del Mar Mediterraneo, che, a fine estate ed inizio autunno, ha ancora una temperatura relativamente alta e quindi elevato risulta il suo contributo in vapor d'acqua [Murri e Fusari, 1987]



sui bacini idrografici delle Marche del periodo 1950-1989

REGIONE MARCHE



Centro di Ricerche e Studi per l'Ambiente e il Territorio

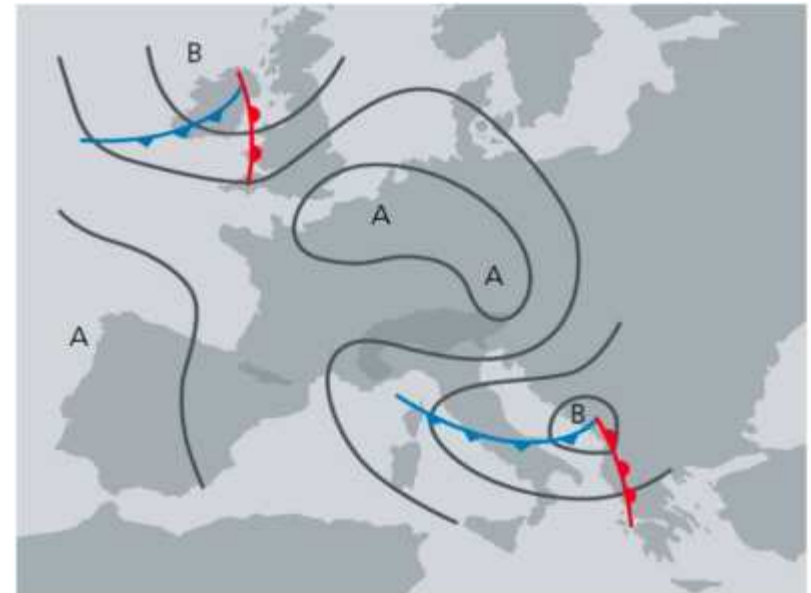
Compendio della precipitazione
annuale e stagionale
sulle Marche per il periodo 1950-2000

Autore: Roberto Tassi
Editore: Regione Marche

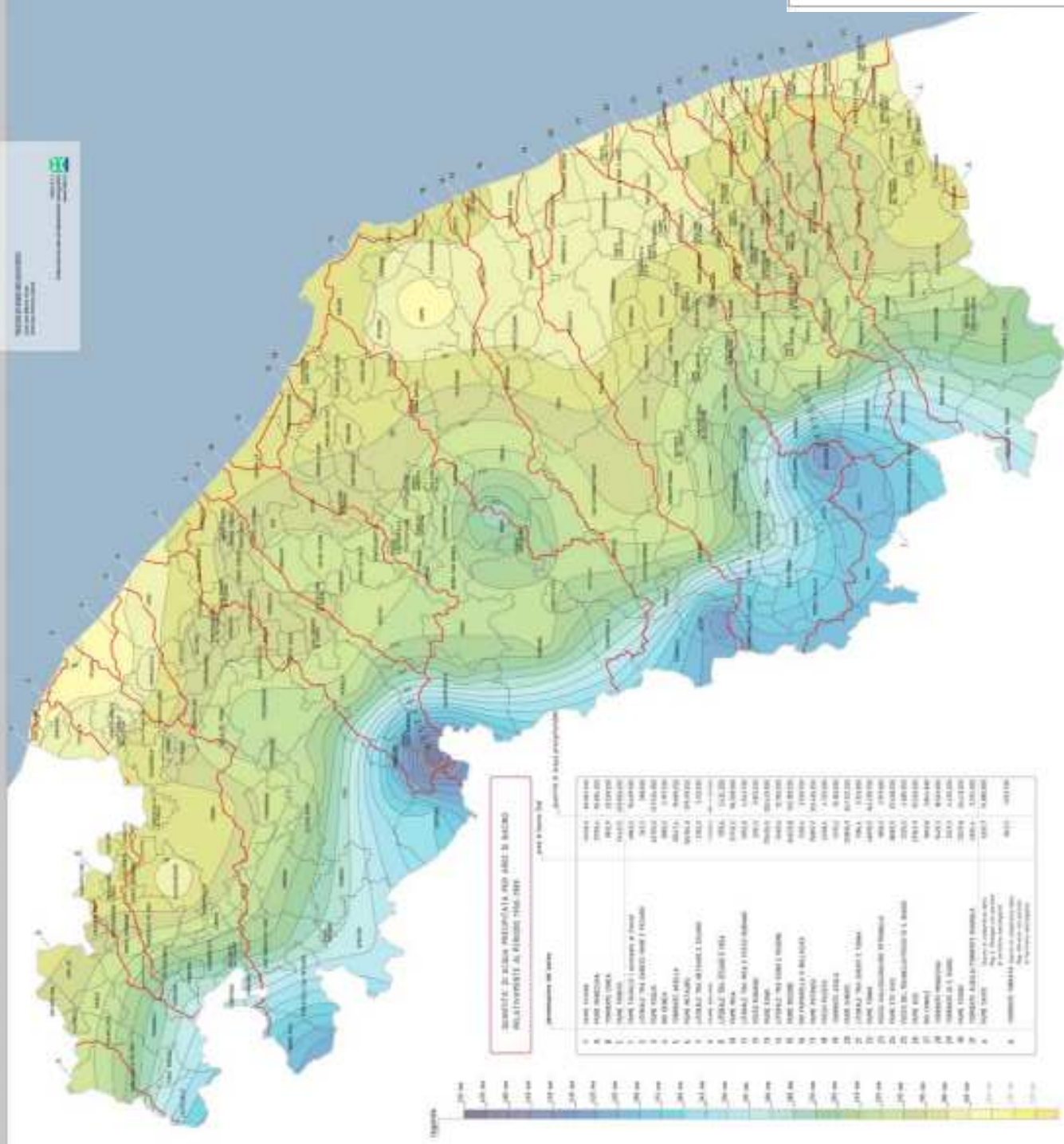
Stampato in Italia

Inverno

- in inverno, il tempo perturbato proviene solitamente da est o nordest:
- afflussi di aria fredda dall'Europa balcanico-danubiana causano nevicate anche sulle coste. Nondimeno, i periodi di brutto tempo abbastanza intensi e prolungati si hanno in correlazione con la formazione e l'approfondimento di depressioni sul Tirreno, che richiamando aria umida dal Mediterraneo e aria fredda da settentrione, generano corpi nuvolosi, che risalgono la penisola italiana secondo un moto ciclonico e scaricano il loro contenuto di acqua precipitabile sulle Marche sotto forma di piogge frequenti e copiose;



Campo medio della precipitazione invernale sui bacini idrografici delle Marche del periodo 1950-1989

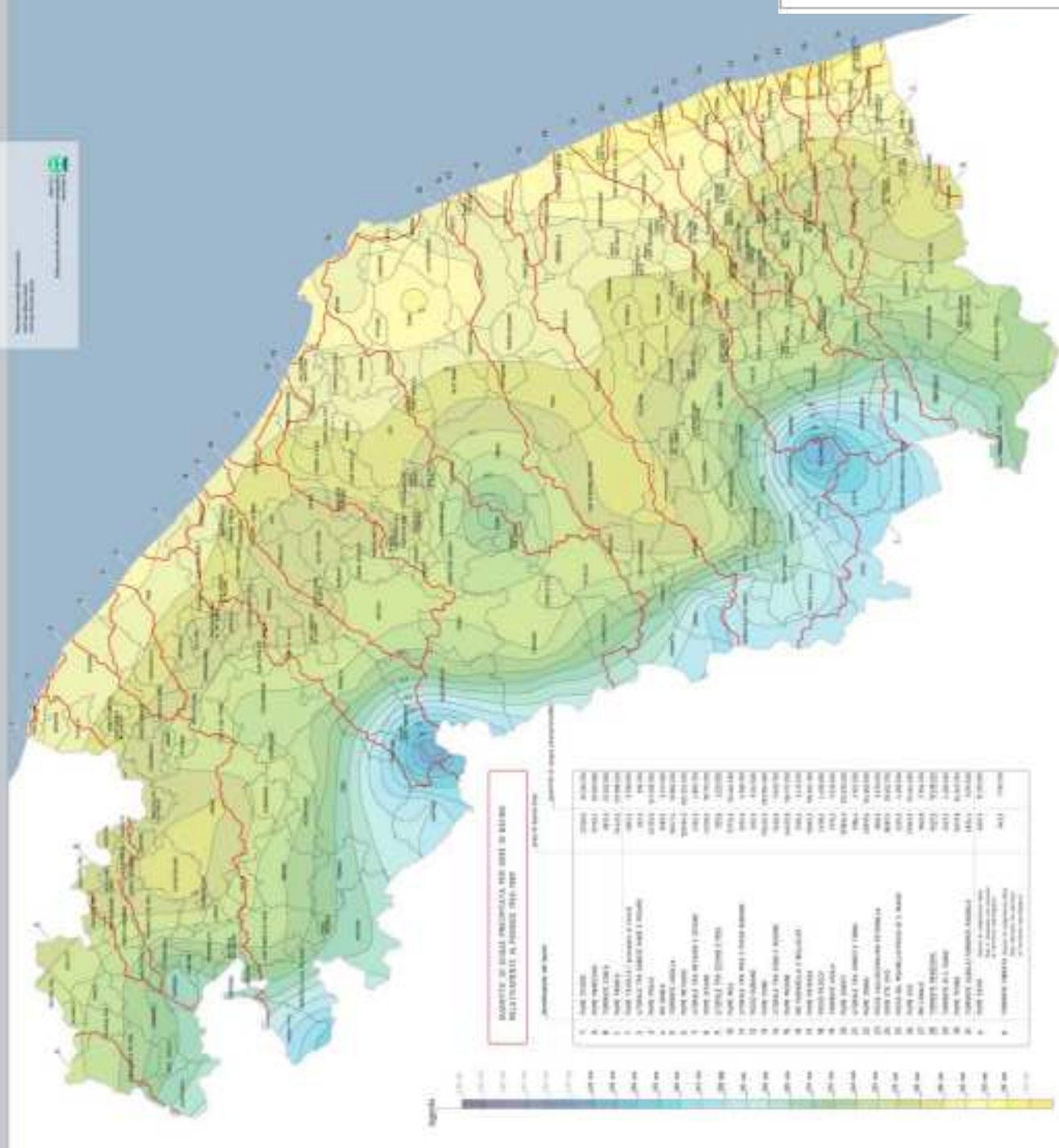


Primavera

- in primavera, le condizioni meteorologiche sono all'insegna della variabilità, a causa dei reiterati ritorni di masse d'aria fredda da nordest e dell'arrivo di aria umida di origine atlantica, che portano tempo instabile; l'espansione o il regresso dell'area anticiclonica delle Azzorre dal Mediterraneo condiziona in modo determinante, rispettivamente, il perdurare del bel tempo o di quello caratterizzato dalle piogge e dagli acquazzoni primaverili



Campo medio della precipitazione primaverile sui bacini idrografici delle Marche del periodo 1950-1989

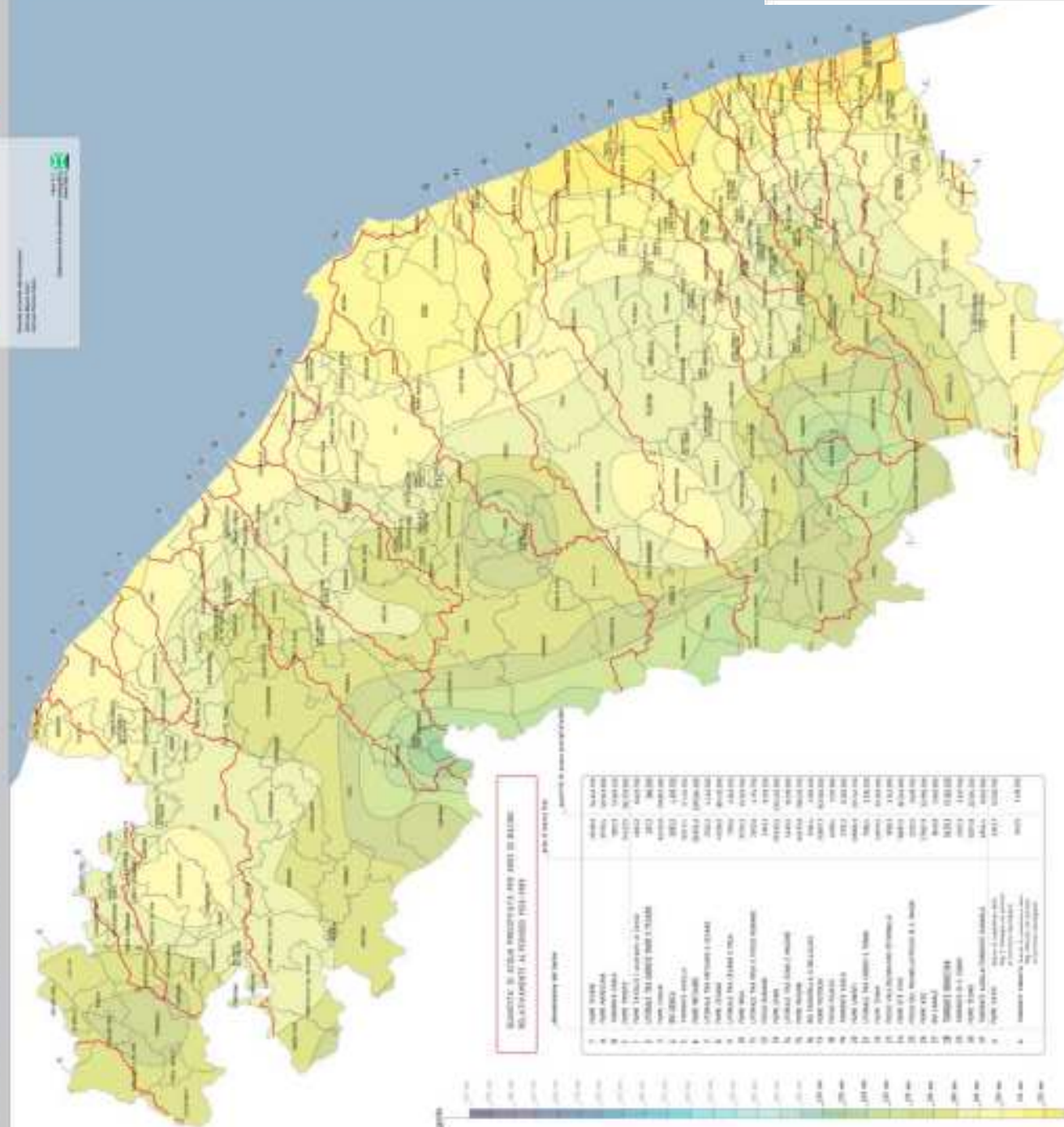


Estate

- in estate, la regione può avere tempo perturbato soprattutto ad opera dell'instabilità a carattere locale, perché le depressioni atlantiche in transito da ovest verso est seguono traiettorie più settentrionali, interessando marginalmente l'alto Adriatico. Possono comunque verificarsi rapide variazioni diurne della nuvolosità, più accentuate lungo la fascia appenninica ove si formano cumuli imponenti



Campo medio della precipitazione estiva sui bacini idrografici delle Marche del periodo 1950-1989



Centro di Ricerca e Sviluppo
della Marche per il periodo 1950-2000

Centro di Ricerca e Sviluppo
della Marche per il periodo 1950-2000

Centro di Ricerca e Sviluppo
della Marche per il periodo 1950-2000

Centro di Ricerca e Sviluppo
della Marche per il periodo 1950-2000

Meteo operativo

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*)

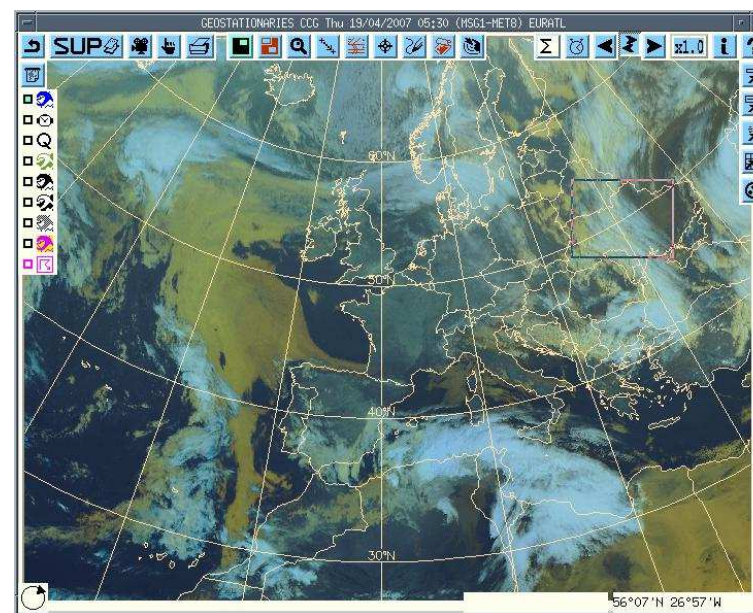
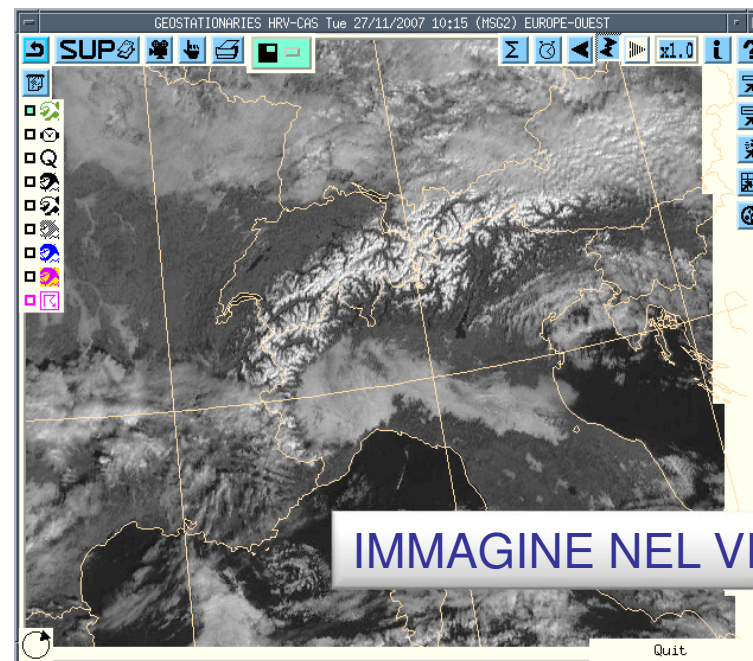
La previsione di brevissimo periodo viene fatta utilizzando prevalentemente l'osservazione diretta del tempo in atto:

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



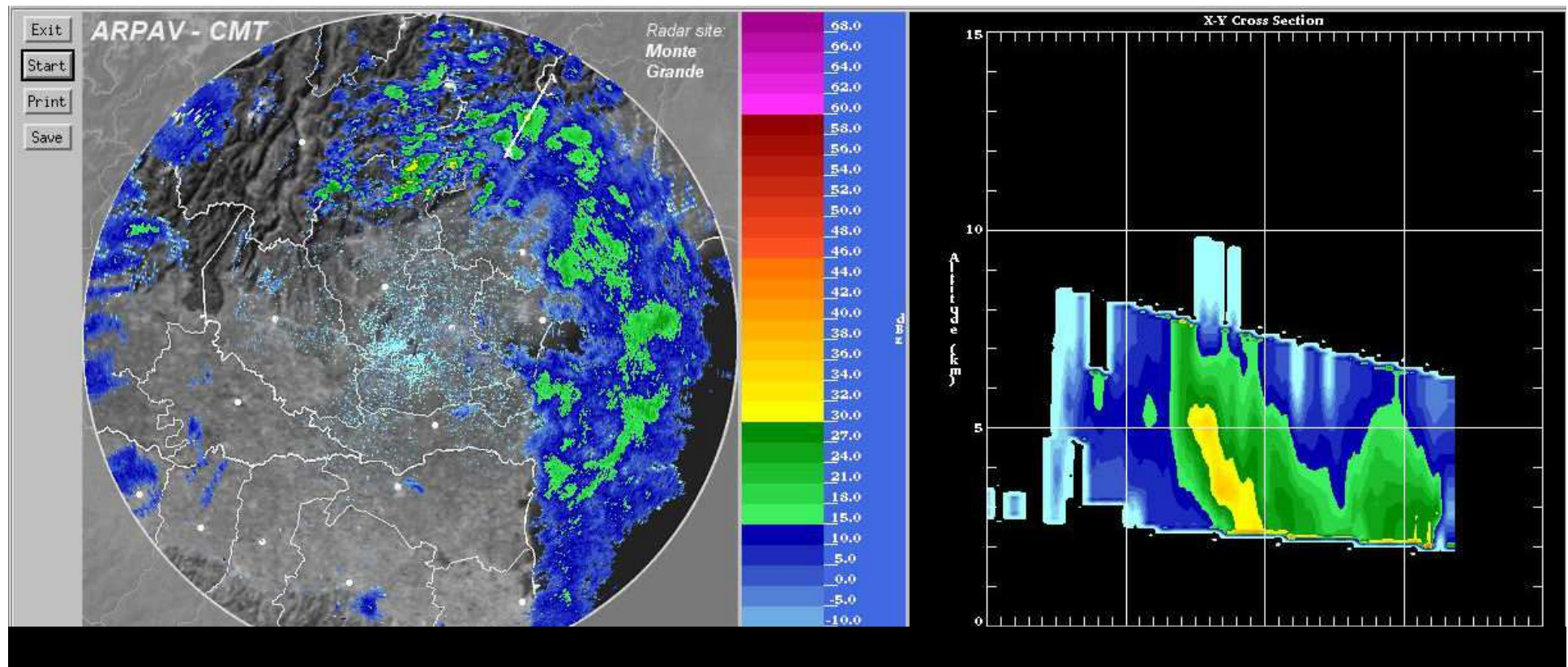
Immagini da satellite

IMMAGINE NELL INFRAROSSO
Temperatura del top delle nuvole



Immagini radar- dove sta piovendo? Quanta intensità?

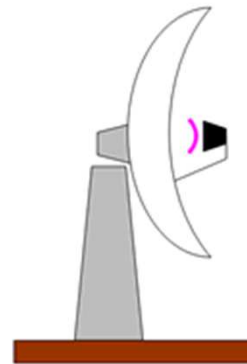
RADAR METEOROLOGICO: Il radar meteorologico è uno strumento che consente di rilevare la presenza di idrometeore (pioggia, grandine, neve). Tramite l'analisi del segnale ricevuto è possibile conseguire diverse informazioni circa l'insieme delle idrometeore osservate, come la loro distanza rispetto all'antenna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

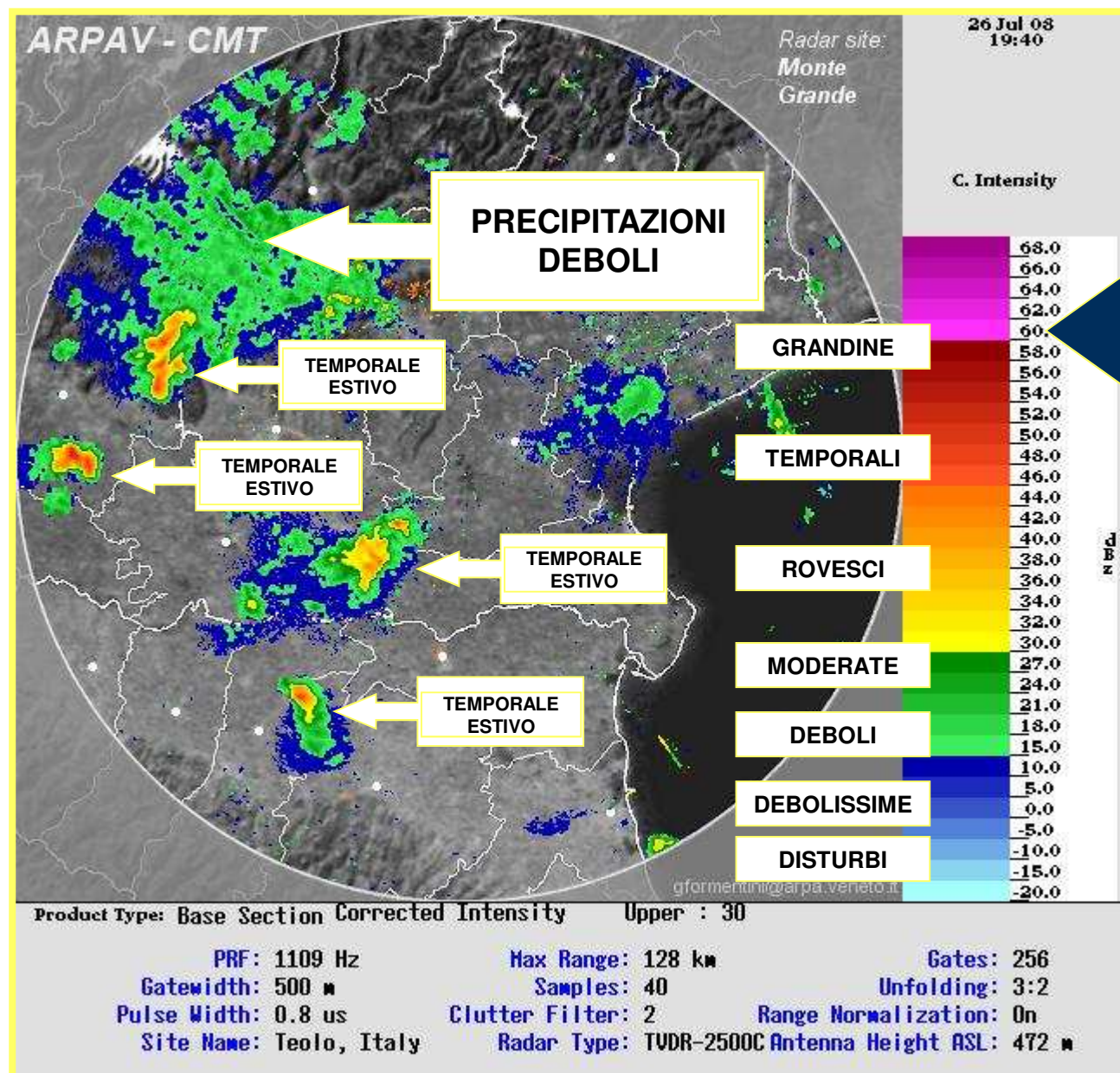


Immagini radar

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.**

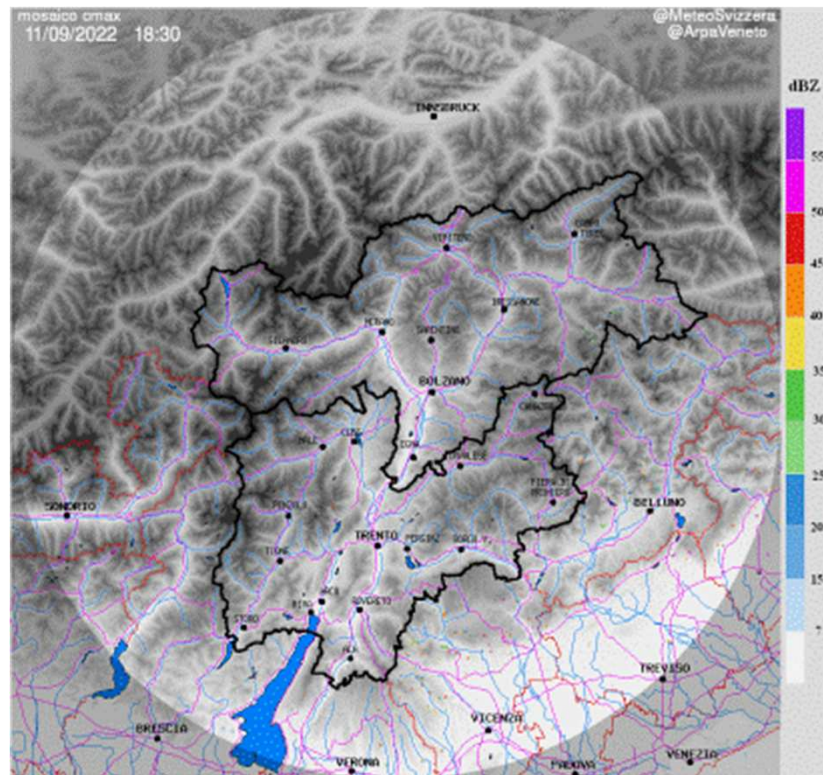




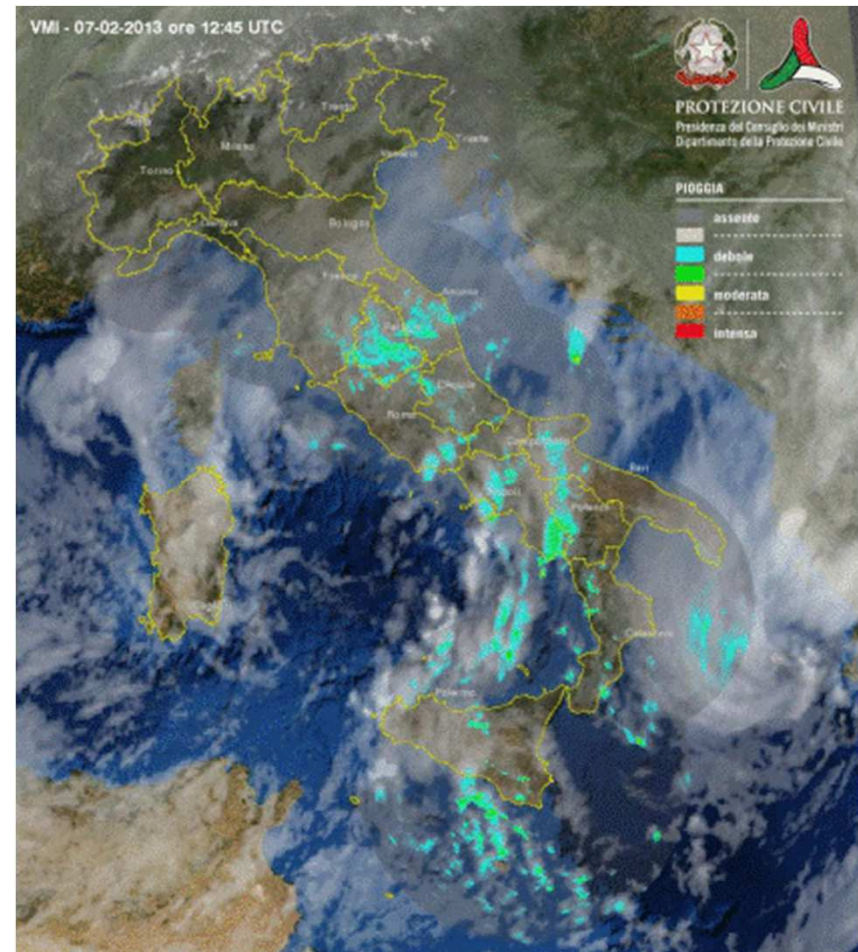
SCALA DI INTENSITA'
DELLE
PRECIPITAZIONI
RILEVATE

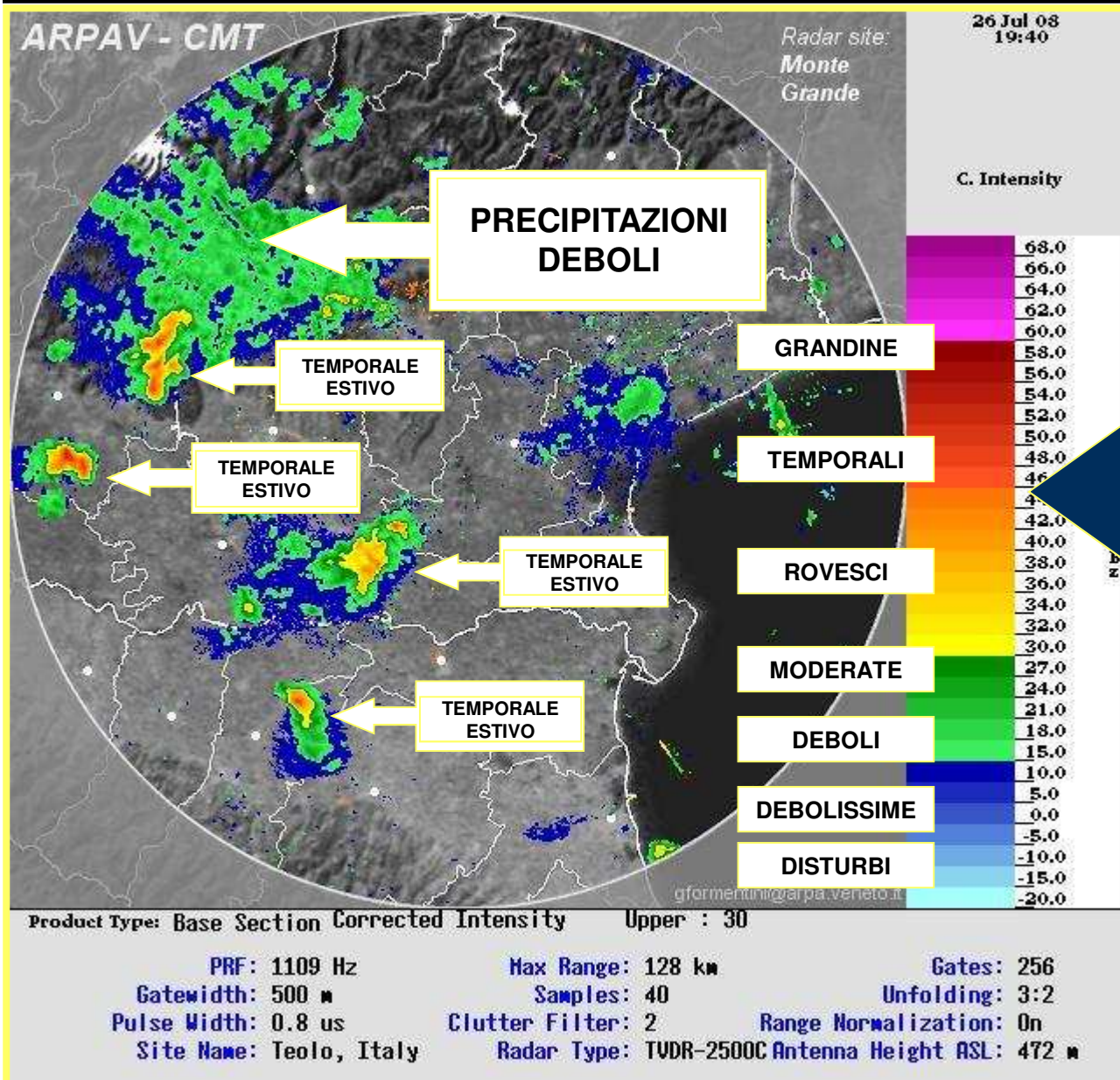
In inverno parte del segnale viene assorbito dalla neve e non riflesso e quindi spesso non vede le precipitazioni. Per questo verranno installati dei radar a Doppia polarizzazione.

Alcuni esempi



Meteotrentino.it





SCALA DI INTENSITA'
DELLE
PRECIPITAZIONI
RILEVATE



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

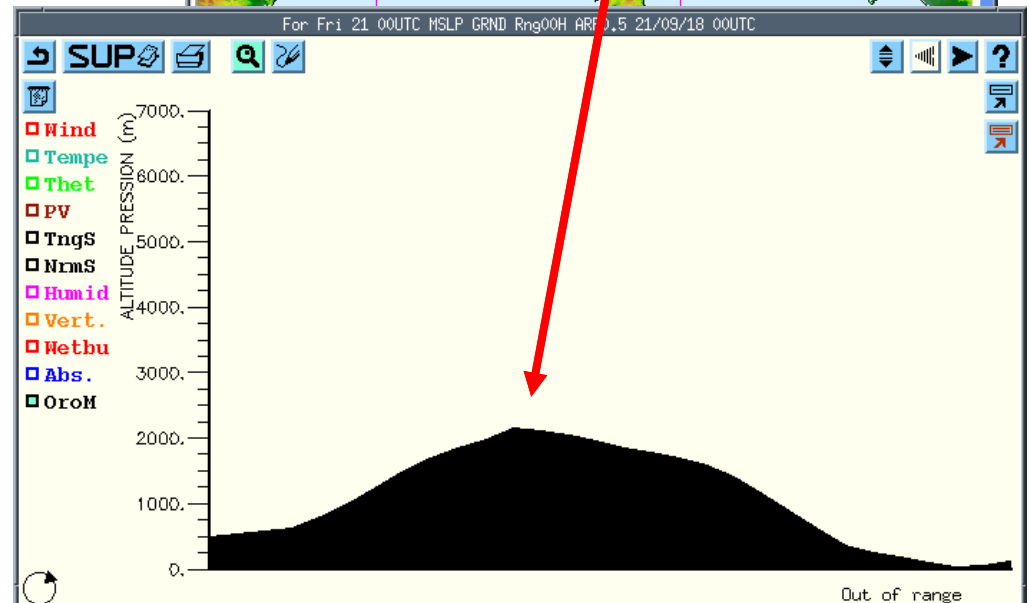
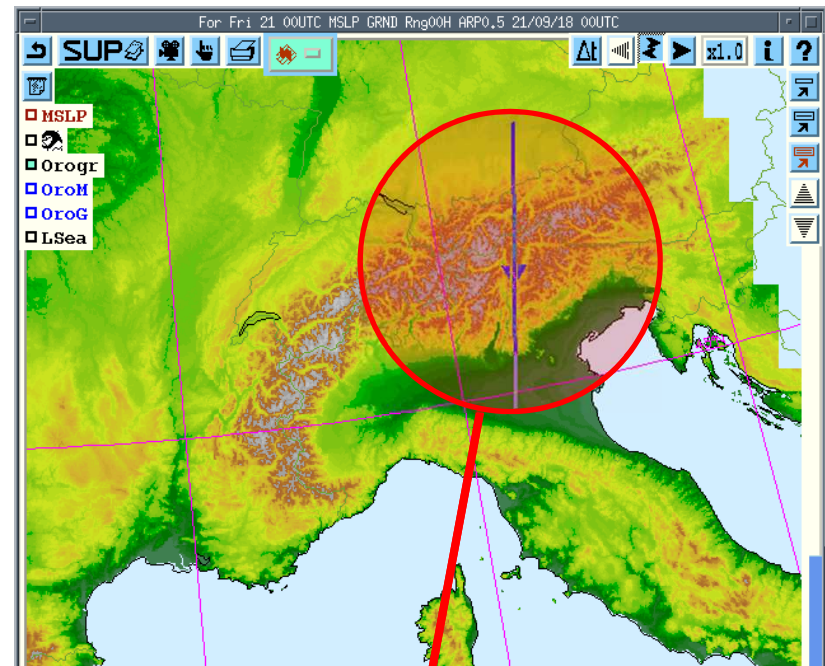
Partendo da uno stato iniziale misurato (approssimativamente), si cerca di riprodurre l'andamento futuro del parametro considerato, utilizzando degli algoritmi che si rifanno prevalentemente alle leggi della termodinamica.

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

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.

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)

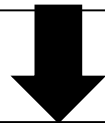
- errori/lacune nelle osservazioni
- assimilazione dati
- analisi a risoluzione adeguata

- Errori nel modello

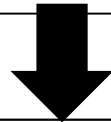
- risoluzione
- descrizione/conoscenza approssimata dei processi fisici
- metodi numerici



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

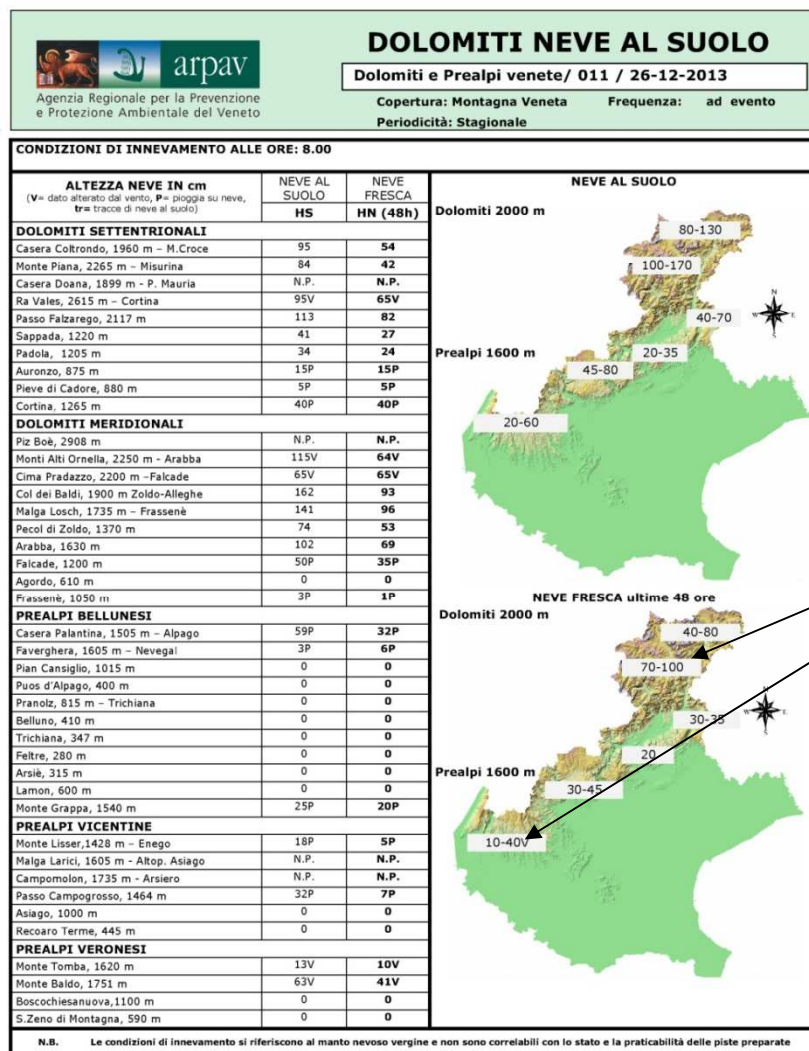
La previsione in montagna

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

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

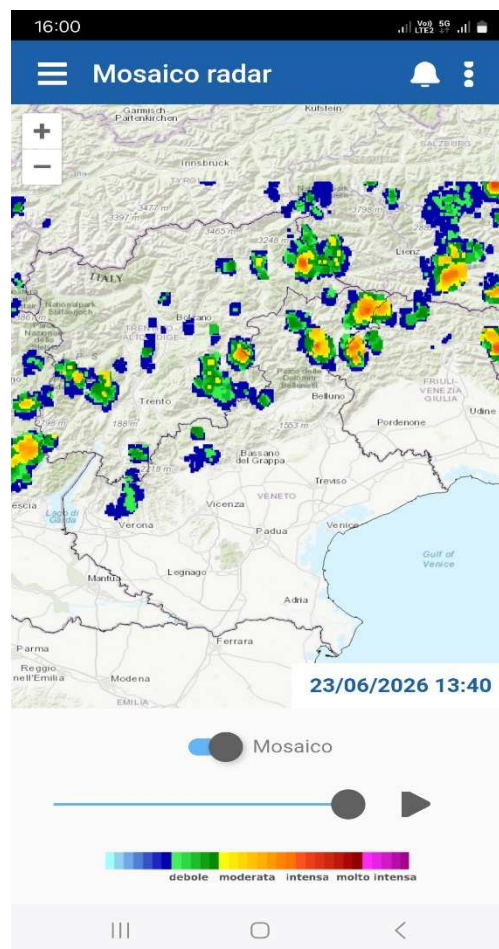
- Il bollettino meteorologico fornisce delle **indicazioni sintetiche** e spesso non può scendere nel dettaglio
- Il bollettino **non fornisce indicazioni** circa possibili pericoli o altre indicazioni **di fruibilità del territorio**, ma indica la possibilità del verificarsi di un determinato evento (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

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

- 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

14:50

←

Previsione precipitazione

ICON-CH1 Total Precipitation

Run 24.06.09Z

Wed, 24.06.2026 15:00

||

●

↺

Informazione

L'animazione riporta la previsione della precipitazione nelle prossime 33 ore e viene aggiornata otto volte al giorno.

I dati derivano dal modello ICON-CH1. Tale modello ha una risoluzione spaziale di 1.1 km. Dal momento che le immagini vengono attualizzate automaticamente senza una analisi del meteo, la previsione può essere differente da quanto

- <https://www.reggioemiliameteo.it/osservazioni-radar.php>
- [Radar Meteo Italia Protezione Civile » ILMETEO.it](#)
- <https://weather.com/it-IT/weather/radar/interactive/l/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-temporale/attivita-temporalesca>
- <https://www.3bmeteo.com/radar/italia/nord+ovest>