



Cenni di Meteorologia

M. Cobal
INFN Trieste e Università di Udine

“Fisica in barca”
YCT Dicembre 2007

Atmosfera

- La Terra e' avvolta da una **massa gassosa**

Questa massa gassosa segue la forma della terra, presenta uno schiacciamento ai poli e un rigonfiamento nelle zone equatoriali e tropicali

- E' attratta verso la superficie terrestre dal proprio peso
- E' trascinata nel suo insieme dal moto di rotazione della terra

- L'aria che respiriamo e' in realtà un **miscuglio di gas**

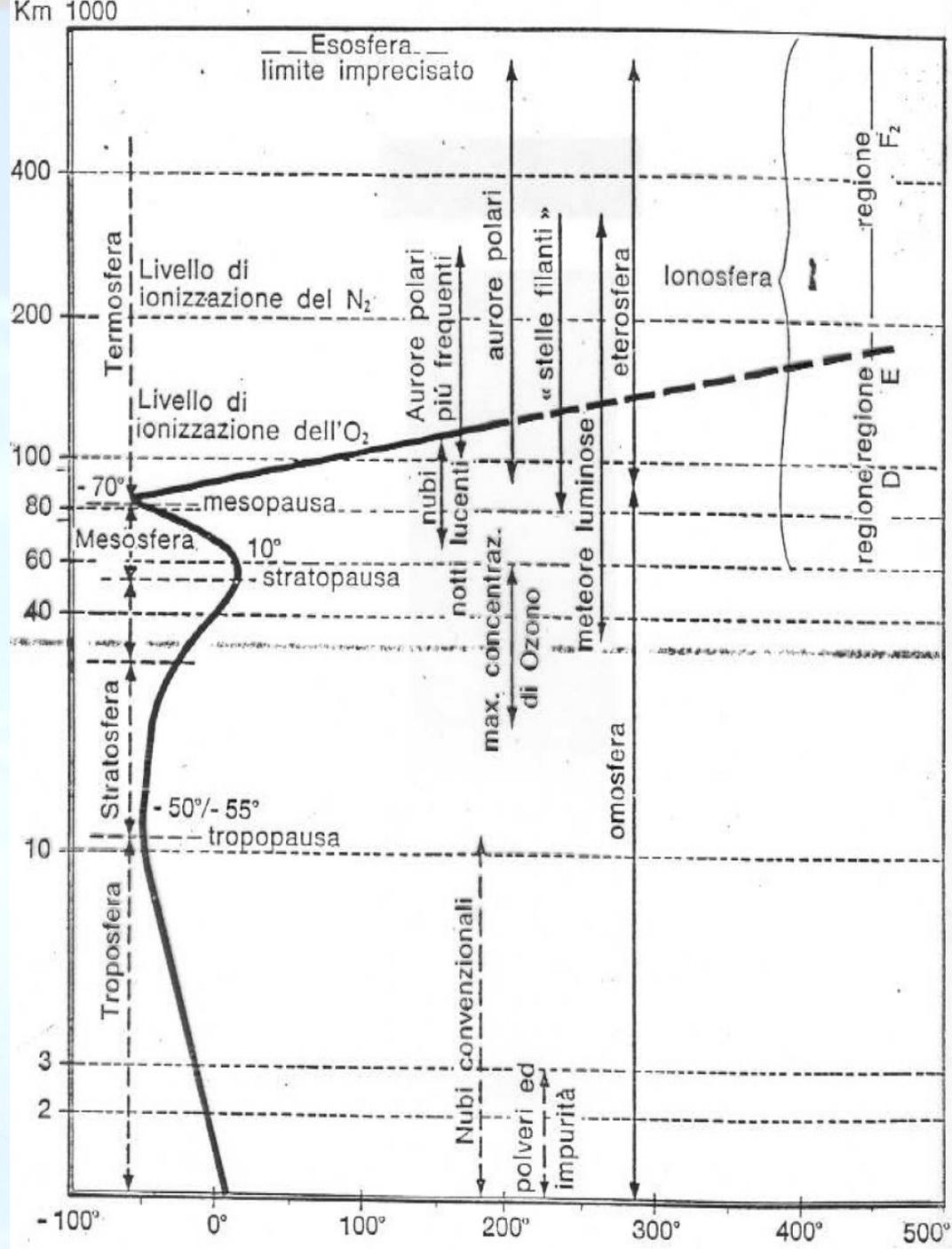
- **Azoto** (N) per circa 78%

- **Ossigeno** (O₂) per circa il 20%

- **Anidride Carbonica** (CO₂) per lo 0,1%

- In percentuali molto piccole i **gas alogeni e rari**

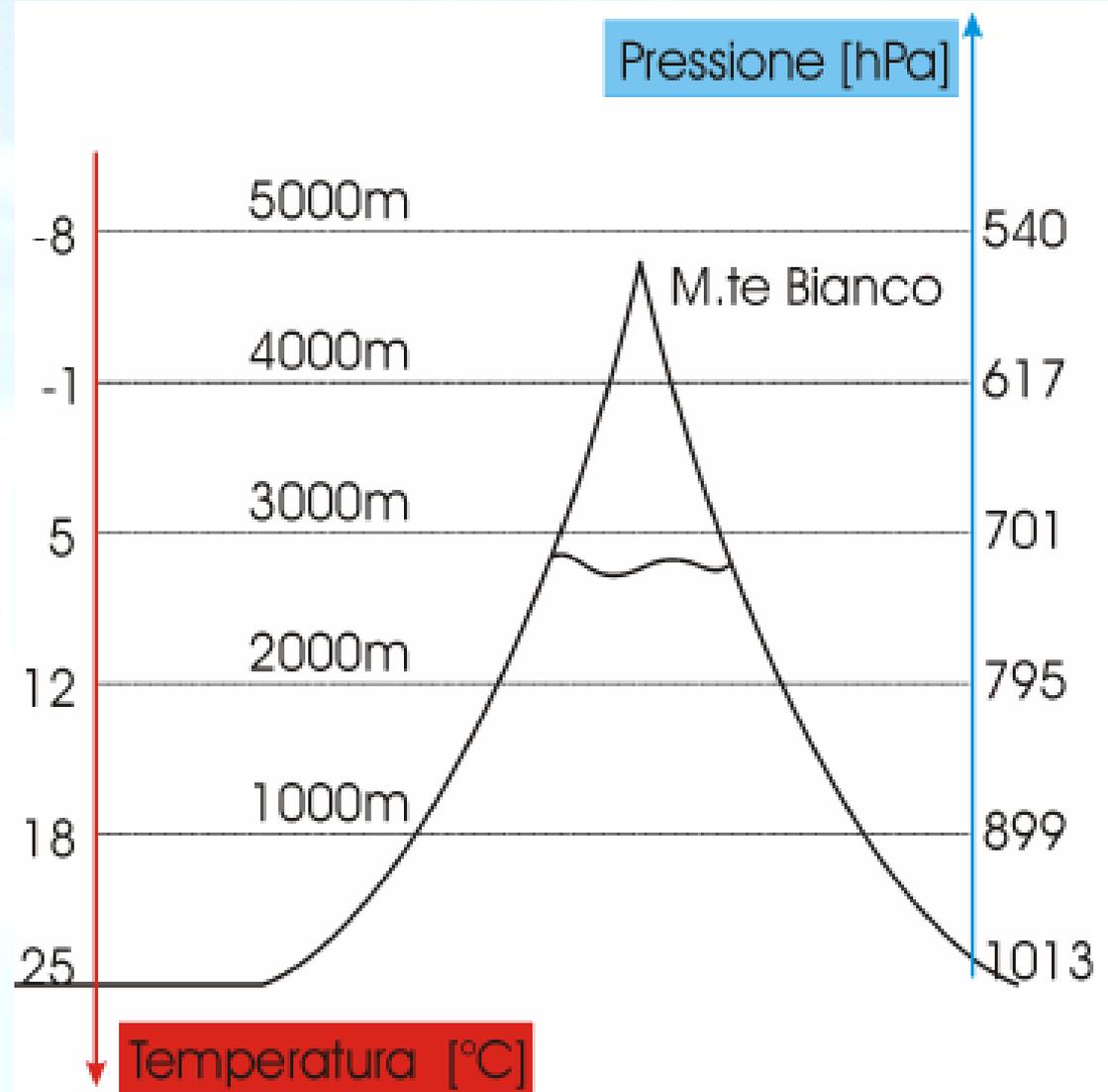
- L'atmosfera è sottilissima: il **90.5%** è contenuta **nei primi 20 Km** su 6000 km di raggio terrestre



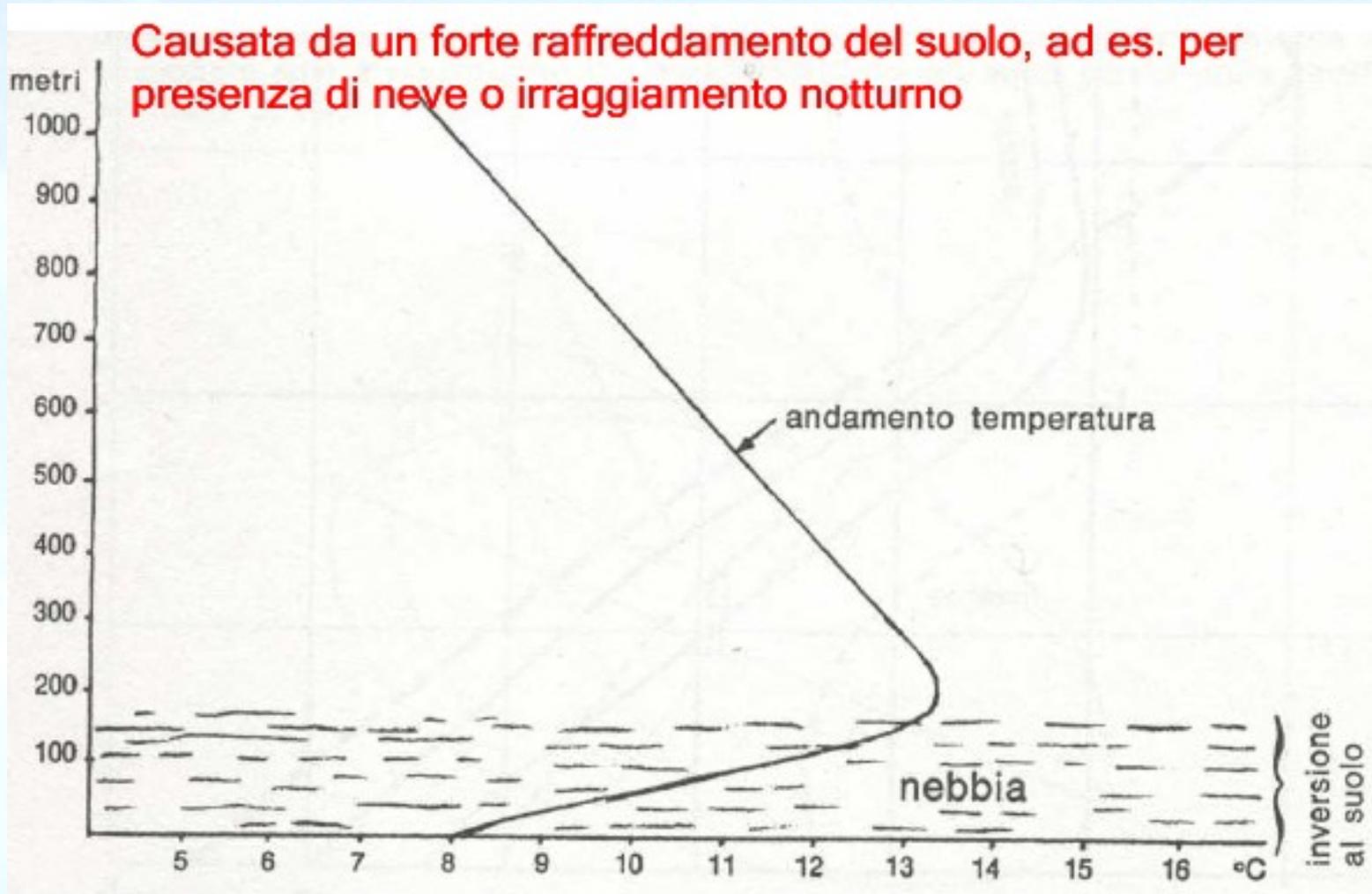
La temperatura nell'atmosfera

Temperatura e altitudine

Gradiente termico medio in aria calma: 6.5°C ogni 1000m



Inversione termica



Pressione

- La pressione e' il **carico esercitato da una colonna di atmosfera sull'unita' di superficie** (circa 1.033 kg/cm² , se il carico è misurato sul livello del mare ad una temperatura di 0° C e a 45° di latitudine.).
- Questo carico è dovuto alla **gravità** e al peso degli strati soprastanti.
- Quindi la pressione dell'aria è **massima alla superficie della Terra** e diminuisce progressivamente salendo in altitudine
- La pressione dipende da vari fattori: altitudine, temperatura, umidita'

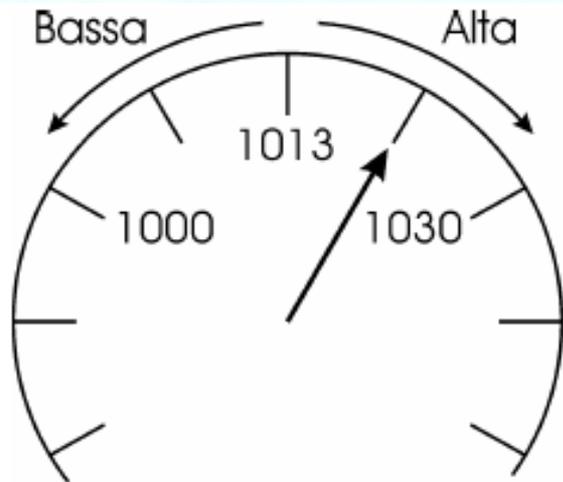


Pressione

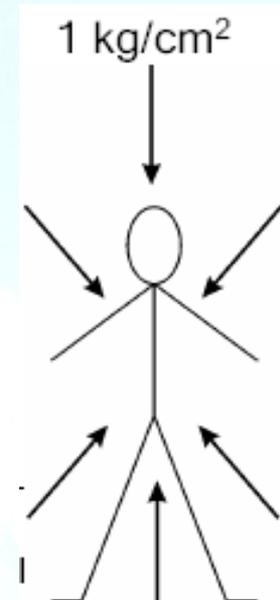
- L'unità di misura è **l'atmosfera**, pari al carico esercitato da una colonnina di mercurio di 760 millimetri con sezione di 1 cm^2 .
- In meteorologia si usava un'unità di misura differente, il **millibar**, che corrisponde a circa $1/1.000$ di un'atmosfera
- L' Unità' di Misura in meteorologia è l'**ettopascal** (hPa) = 100 Pascal (SI). $1 \text{ millibar} = 1 \text{ hPa}$
- **$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013,2 \text{ mbar} = 101320 \text{ Pa} = 1013,2 \text{ hPa}$**

Pressione

- Esistono semplici regole per trasformare una misura in hPa in una in mmHg o viceversa:
 - per passare da hPa a mmHg, si moltiplica per $3/4$;
 - per passare da mmHg a hPa si moltiplica per $4/3$.
- Valori tipici:
 - $> 1020\text{hPa}$ s.l.m. in una zona di alta pressione
 - $< 1000\text{hPa}$ s.l.m in bassa pressione

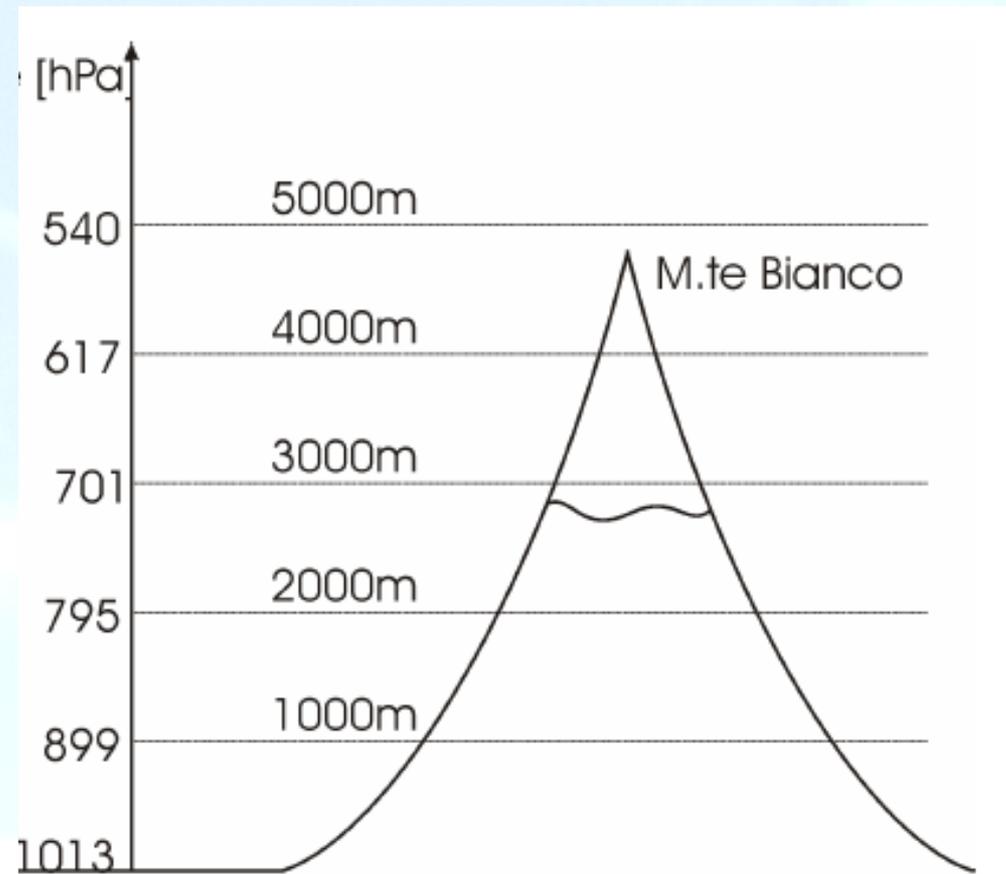


Non avvertita dall'uomo perché distribuita uniformemente nelle tre direzioni dello spazio



Pressione e altitudine

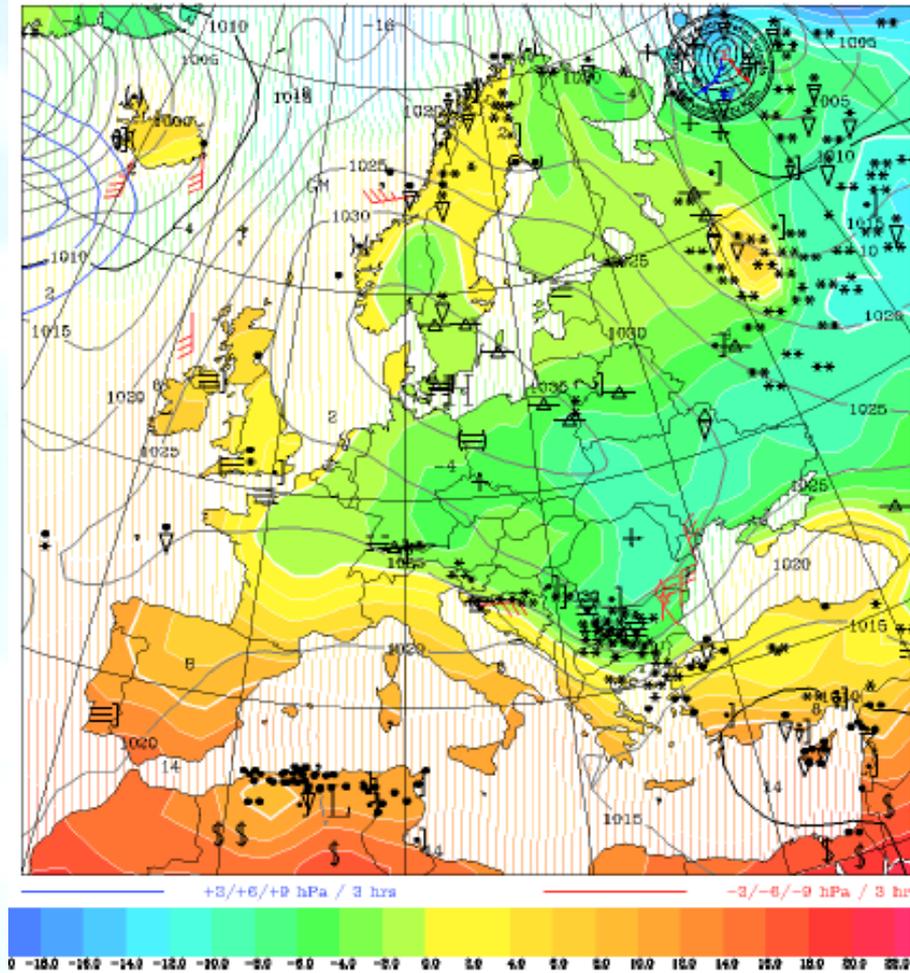
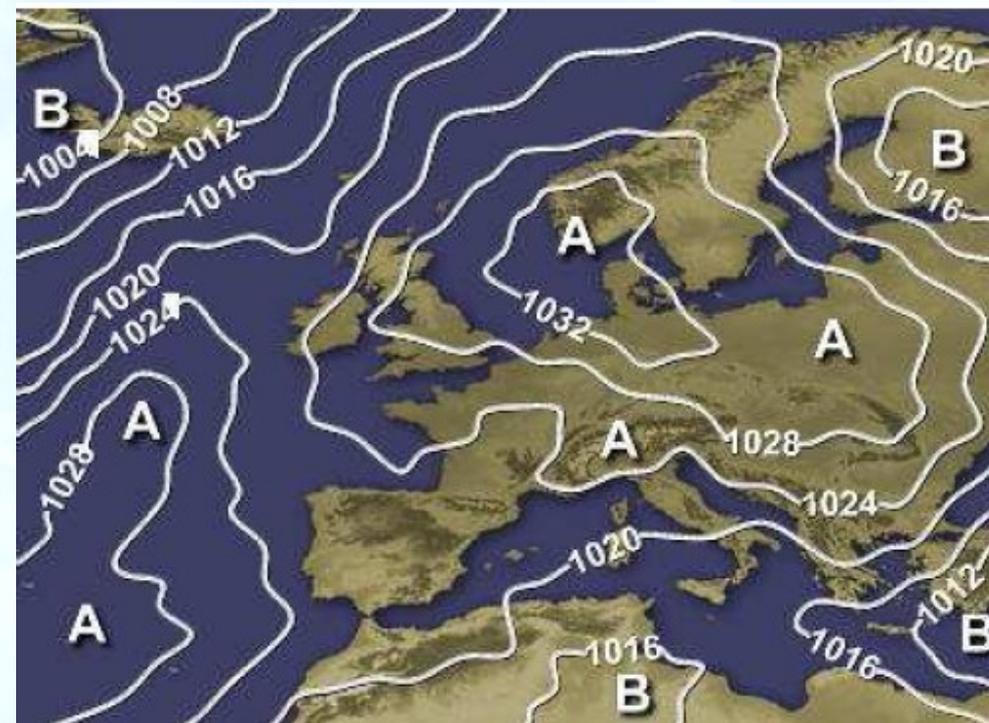
Gradiente barico medio:
1 hPa ogni 8m



Non esiste una relazione precisa tra quota e pressione. Vari fattori (temperatura e umidità) possono influenzare i risultati.

Isobare

Isoterme



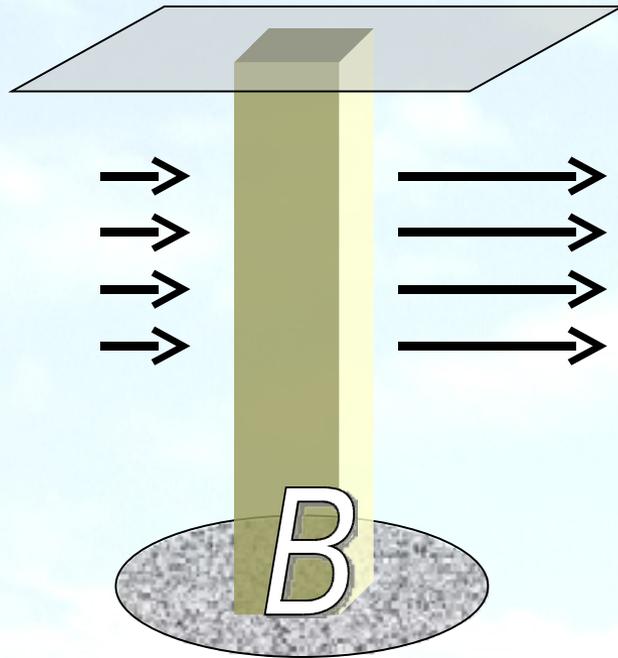
Umidità

- **Umidità assoluta** = quantità di vapore acqueo contenuta in un m³ d'aria
- **Saturazione**: limite all'umidità assoluta. Oltre tale limite il vapore acqueo condensa. Tale limite è tanto maggiore quanto più è alta la temperatura
- **Umidità relativa** = rapporto tra umidità assoluta e saturazione
- Quando l'aria si raffredda il vapore acqueo condensa, con formazione di nubi e di precipitazioni
- Masse d'aria calda contengono più acqua di masse d'aria fredda: le precipitazioni sono mediamente più intense d'estate che d'inverno

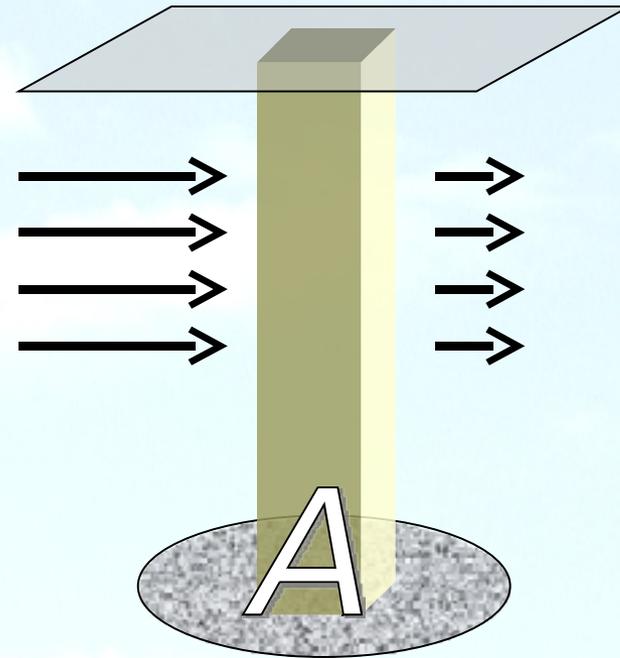
Pressione, Temperatura, Umidità

- La **pressione scende quando sale la temperatura**. Infatti, se la temperatura aumenta l'aria si dilata, andando ad occupare un volume maggiore (ma la sua massa rimane costante). Così si verifica una diminuzione del peso e quindi della pressione esercitata.
- Viceversa, quando la temperatura scende si avranno degli aumenti di pressione.
- Anche l'umidità gioca un ruolo importante. Infatti, se nell'aria è presente vapore acqueo, significa che ha sostituito altri elementi più pesanti come azoto o ossigeno → **più l'aria è umida, più è leggera** e di conseguenza esercita una minore pressione.

Variazioni di Pressione - Venti



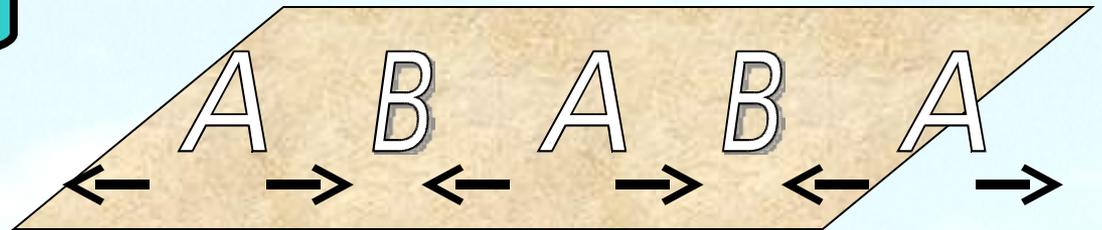
Ciclone o Depressione



Anti Ciclone

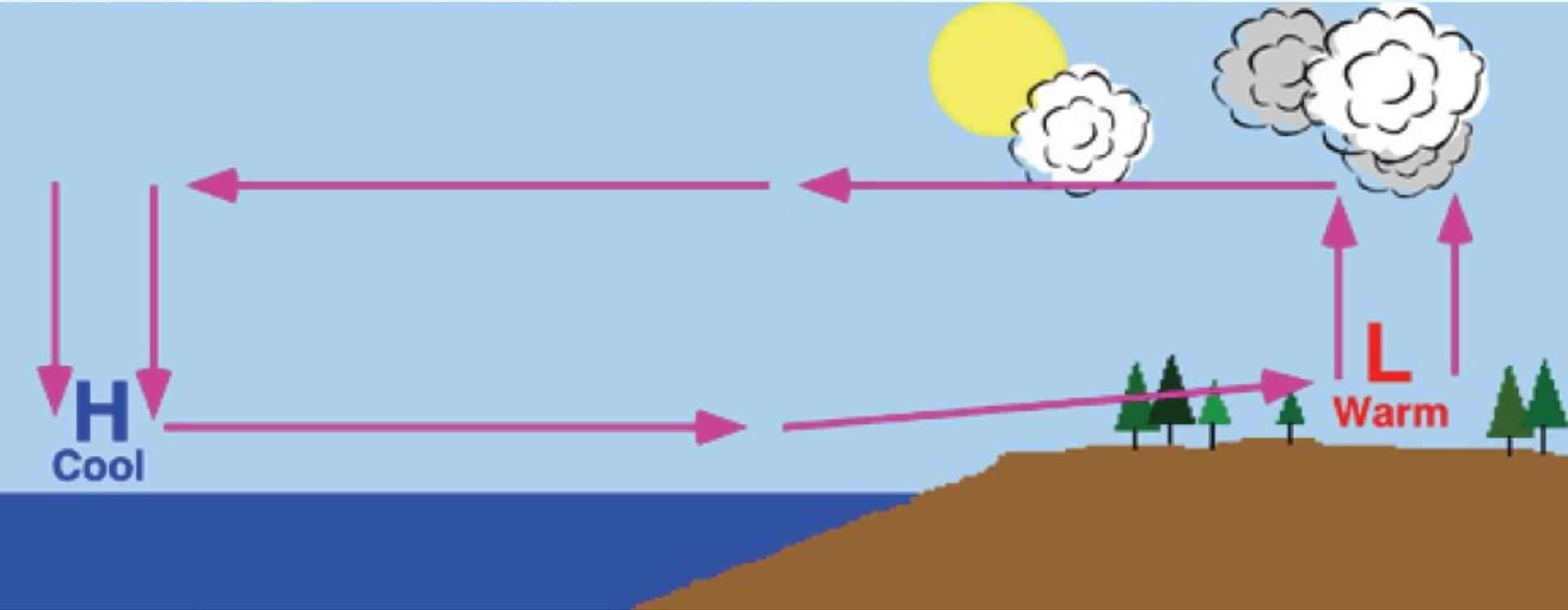
- Sulla Terra esistono zone sottoposte a pressioni diverse.

Venti



- L'aria tende a spostarsi **dalle zone ad alta a quelle a bassa pressione**
- Il vento è quindi uno spostamento d'aria tra due punti in condizioni di pressione differenti.
- Maggiore è la differenza di pressione, maggiore l'intensità del vento

Brezza



Monsoni

Inverno



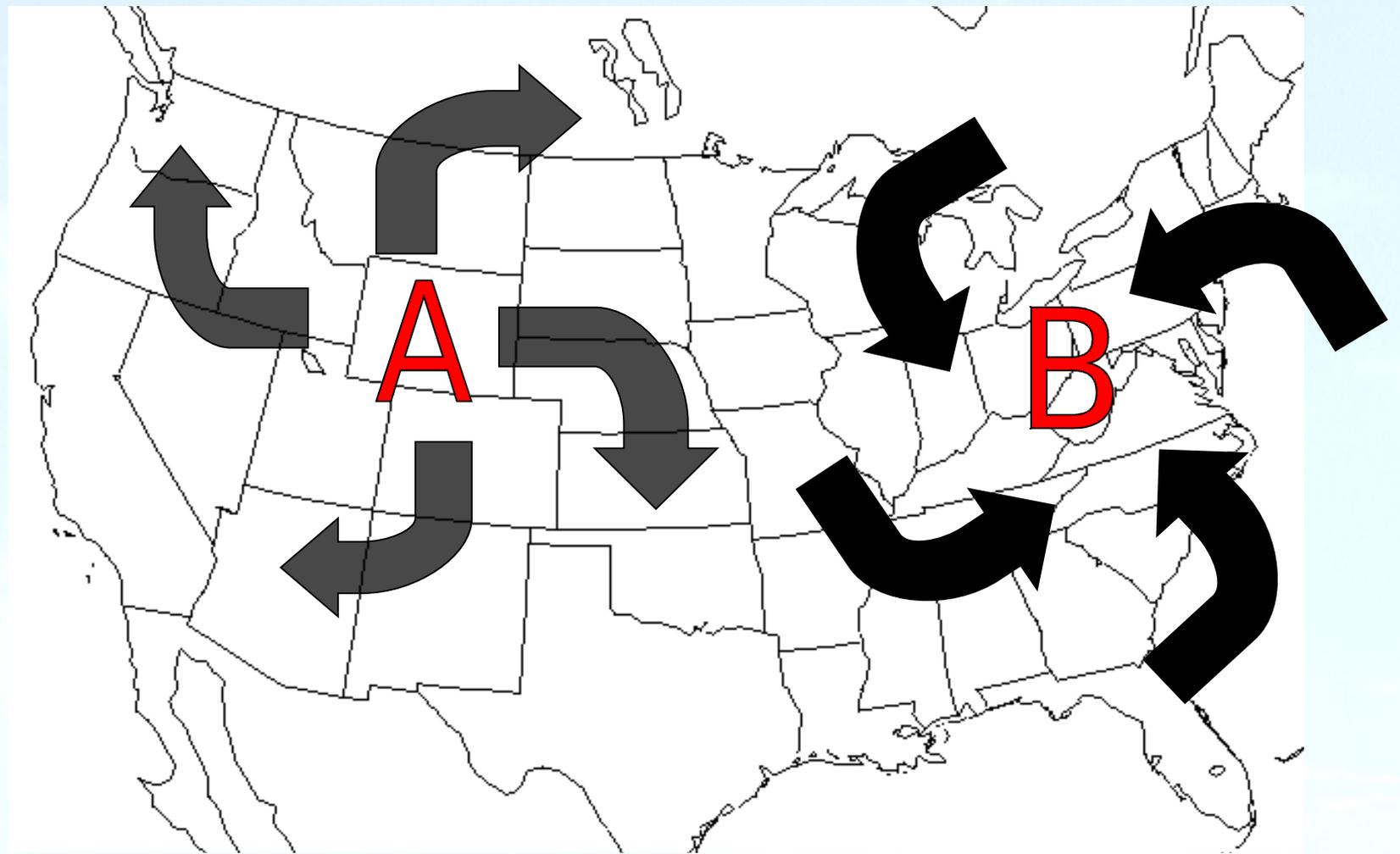
Il continente si raffredda (per irraggiamento) rispetto all'oceano \Rightarrow alta pressione continentale e bassa pressione sull'oceano

Estate



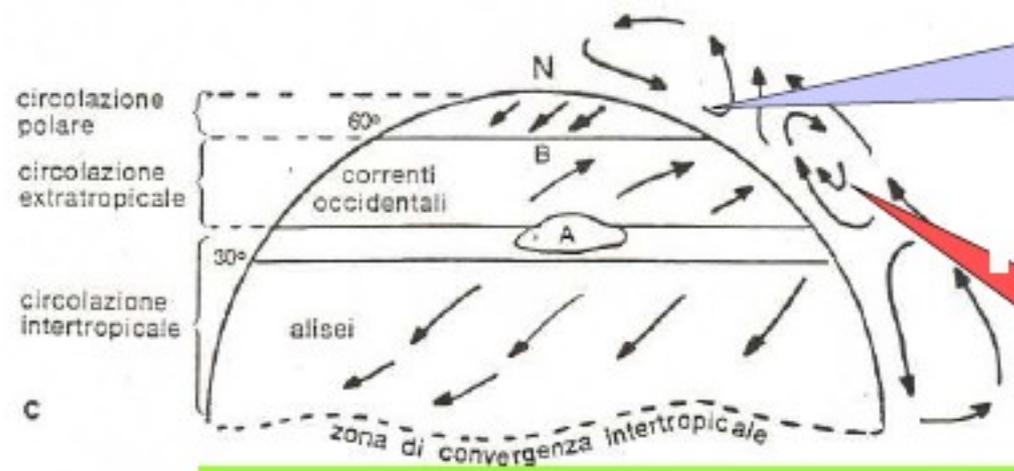
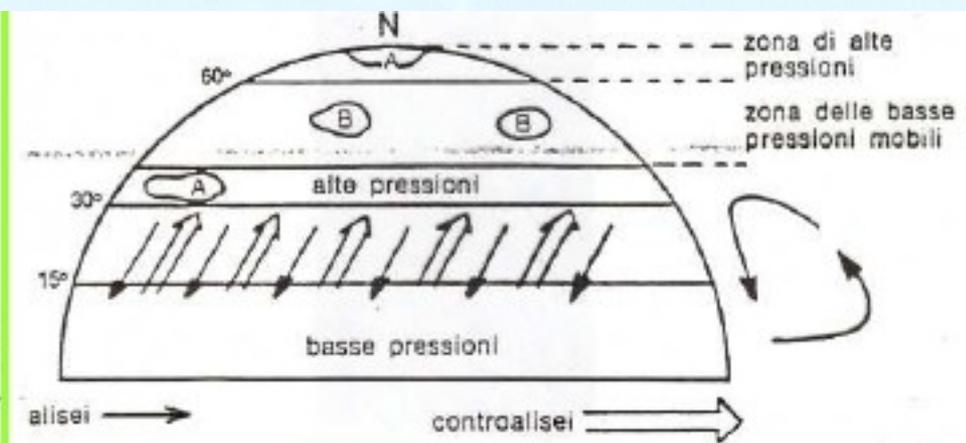
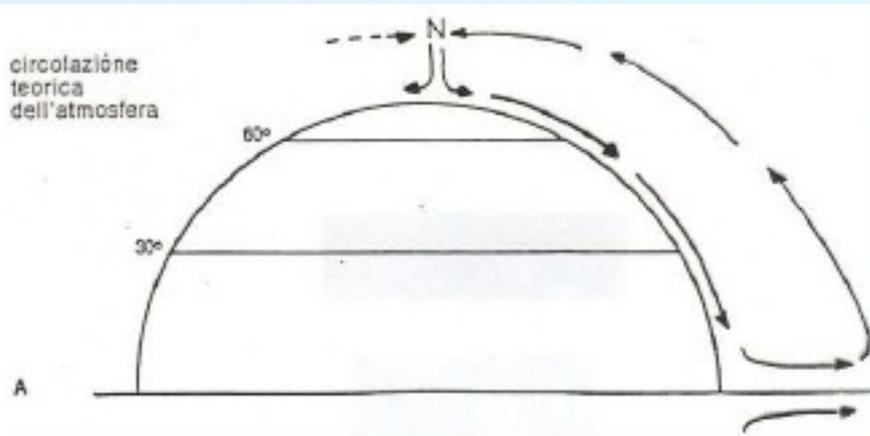
Il continente si riscalda \Rightarrow bassa pressione sul continente e alta sull'oceano

La realtà è più complicata...



Per esempio a causa delle forze apparenti legate alla rotazione terrestre

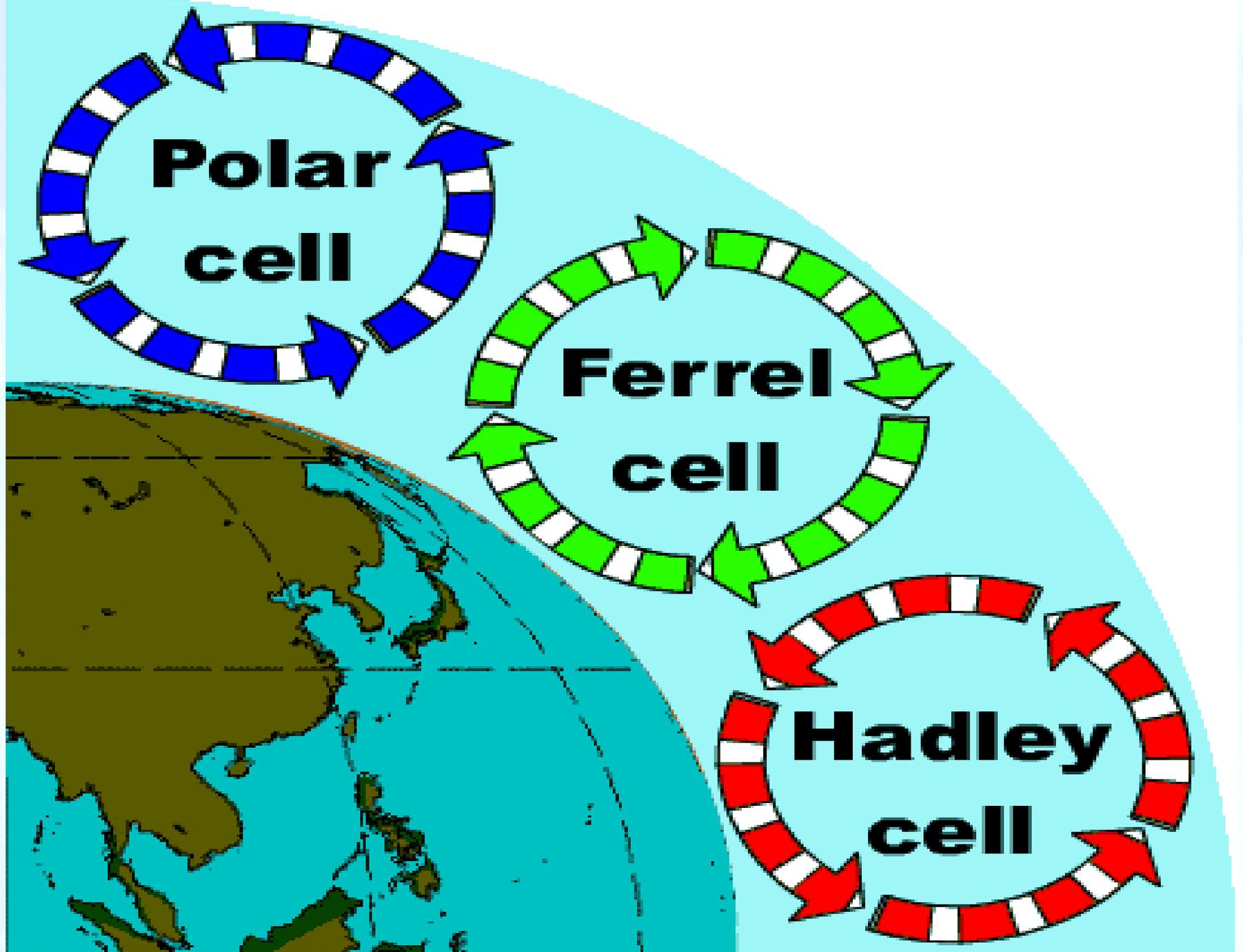
Circolazione dell'atmosfera



L'aria fredda al suolo proveniente dal Polo Nord si riscalda e risale intorno al 60° parallelo ⇒ depressione d'Islanda

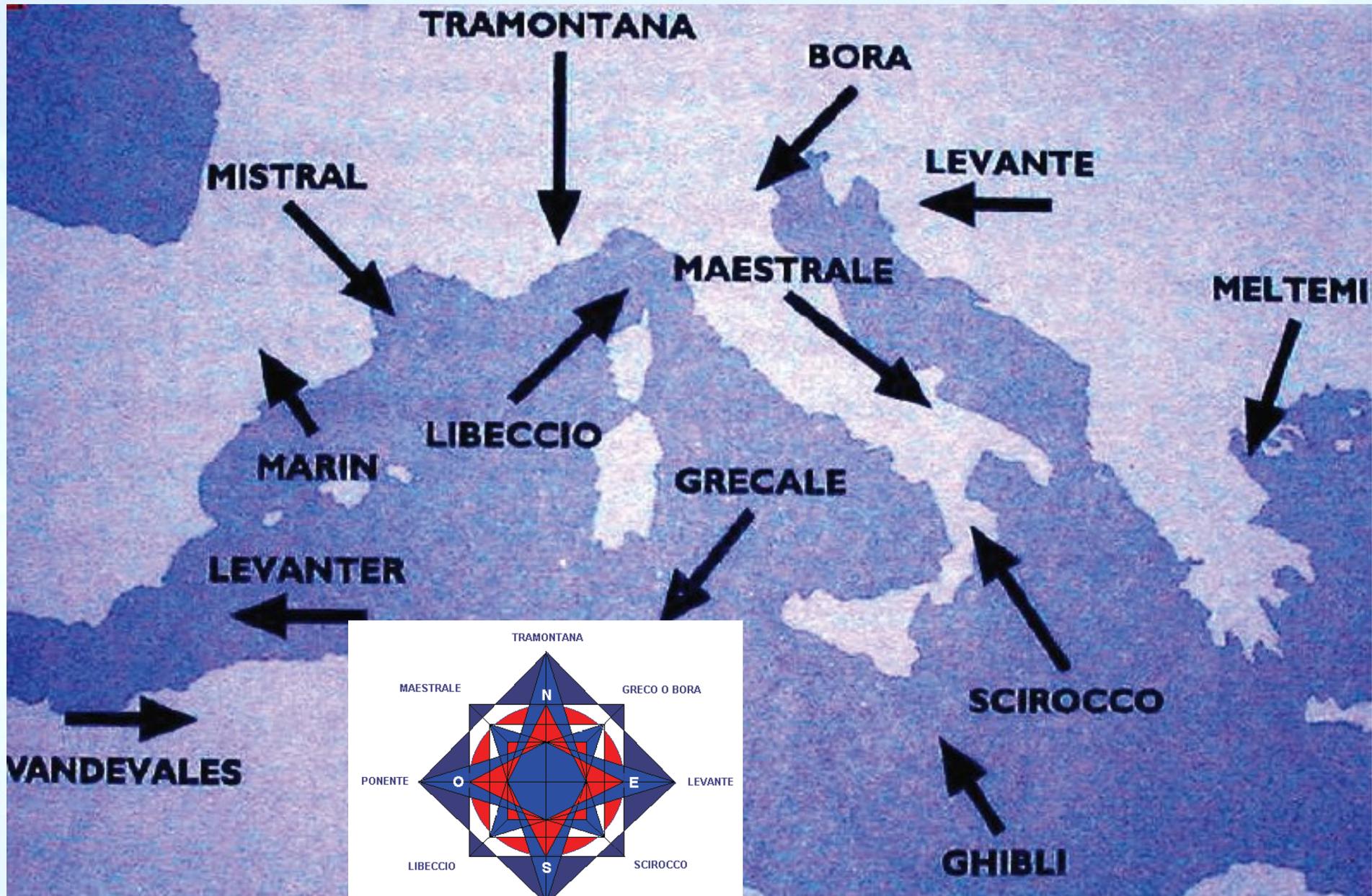
L'aria calda in quota proveniente dall'Equatore si raffredda e discende intorno al 30° parallelo ⇒ anticiclone delle Azzorre

L'effetto della rotazione terrestre devia i venti in direzione sud occidentale



Venti

- La direzione del vento è quella di provenienza
- Si può esprimere in diversi modi:
 - In gradi rispetto al NORD (da 0° a 360°)
 - In riferimento ai punti cardinali (es. da sud-est)
 - Nel gergo meteo-marino attraverso la direzione in relazione ai quattro quadranti il I da 0° a 90° , II da 90° a 180° , III da 180° a 270° , IV da 270° a 360°
 - Con il nome proprio (Maestrale, Scirocco, ecc...)



Unità di misura dei venti

- Il vento si misura dandone **intensità, verso e direzione**. La direzione si esprime come angolo rispetto al nord, mentre la velocità si esprime in m/s.
- Nella nautica la velocità del vento si esprime in **NODI**.
- Il nodo rappresenta l'unità di misura corrispondente al miglio marino che indica le distanze sul mare.
 - $1 \text{ NODO} = 1.862 \text{ Km/h}$
 - Per convertire i NODI in Km/h
 $\text{Km/h} = \text{nodi per } 2 - 10\%$
Es: 50 nodi per 2 = 100 - 10% = 90 km/h
- La forza del vento nei bollettini viene solitamente indicata in gradi **BEAUFORT**
 - La conversione in nodi dalla forza BEAUFORT sarà
forza 5 = 4 per 5 = 20 nodi


5 kts


10


20


50


65


100

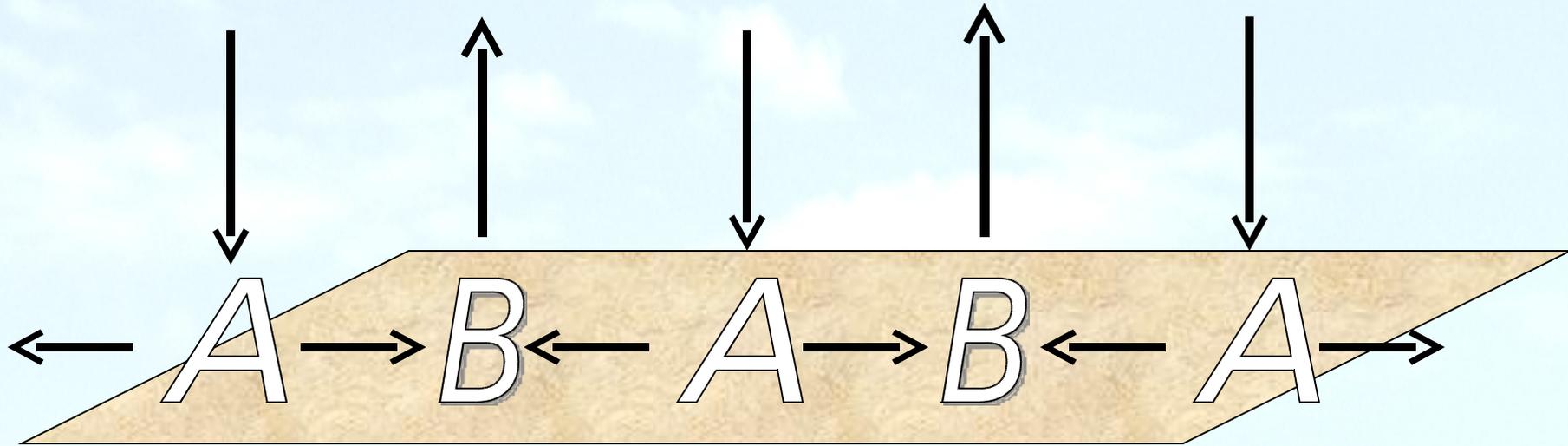
Scala Beaufort

FORZA	TERMINE DESCRITTIVO	Km/h	NODI	EFFETTI DEL VENTO SUL MARE
0	CALMA	0 – 1	0 – 1	BONACCIA, MARE CALMO, LISCIO COME L'OLIO
1	BAVA DI VENTO	1 – 5	1 – 3	PICCOLE INCRESPATURE
2	BREZZA LEGGERA	6 – 11	4 – 6	PICCOLE ONDICELLE, CORTE E BASSE, CHE NON ROMPONO SULLA CRESTA
3	BREZZA TESA	12- 19	7 – 10	COMPAAIONO LE PRIME CRESTINE SCHIUMOSE
4	VENTO MODERATO	20 -28	11 – 16	ONDE BEN DEFINITEDA 0,5 A 1.25 METRI LE CUI CRESTE FRANGONO SPESSO
5	VENTO TESO	29 -38	17 – 21	ONDE FORMATE DA 1.25 A 2.5 METRI, LE CUI CRESTE SPUMEGGIANO
6	VENTO FRESCO	39 -49	22 – 27	FRANGENTI SCHIUMOSI A STRISCE, ONDE DA 2.5 A 4 METRI
7	VENTO FORTE	50 -61	28 – 33	CRESTE LUNGHE E DIFFUSE CHE FRANGONO SPAZZATE DAL VENTO
8	BURRASCA	62 -74	34 – 40	DENSE STRISCIE DI SCHIUMA, LE ONDE FRANGONO CON FRAGORE
9	BURRASCA FORTE	75 -88	41 – 47	IL MARE RIBOLLE DI SCHIUMA. ONDE DISPOSTE IN STRISCE FRANGENTI
10	TEMPESTA	89-102	48 – 55	IL MARE E' UNA STRISCIA BIANCA QUASI DOVUNQUE. ONDE OLTRE I 6 METRI
11	TEMPESTA VIOLENTA	103-117	56 – 63	ONDE VIOLENTISSIME, OLTRE I 9 METRI. IL MARE RIBOLLE DI SCHIUMA
12	URAGANO	OLTRE 118	OLTR E 164	ONDE GIGANTESCHE. IL MARE E' UNA SCHIUMA BIANCA

Pressione e moti verticali

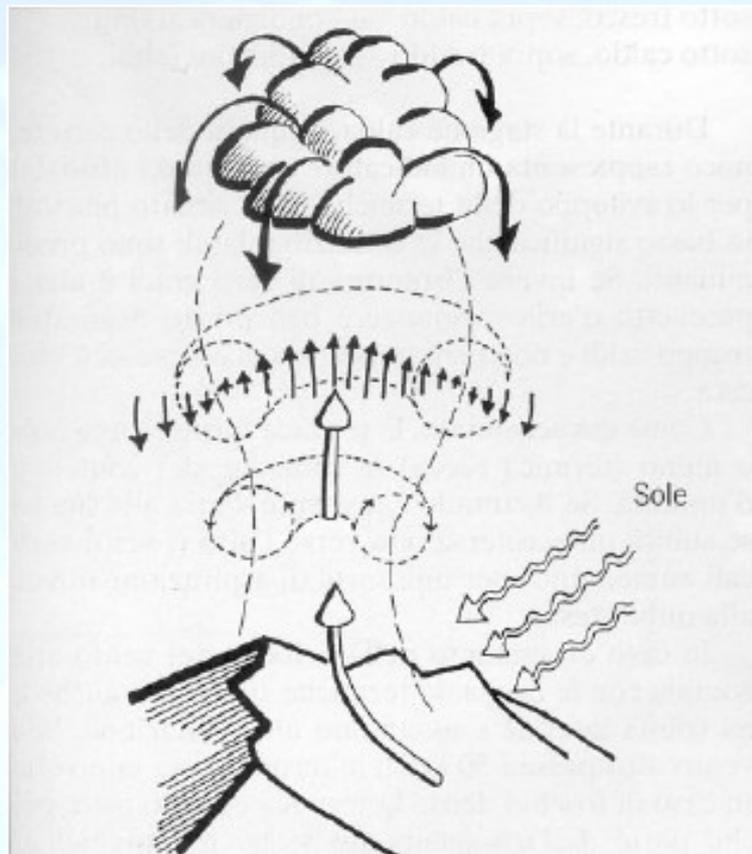
- Se l'aria al suolo si riscalda, si dilata e, spinta dalla forza di Archimede, sale nell'atmosfera. Si accumulano molecole d'aria in alto, e l'aria diverge verso l'esterno della colonna. Al suolo la pressione diminuisce (negli alti strati aumenta).
- Al contrario, un raffreddamento del suolo causa un raffreddamento degli strati più bassi dell'atmosfera che, più pesanti, cadranno lentamente verso il suolo; il vuoto lasciato negli strati alti richiama aria dalle zone circostanti.
- La pressione al suolo aumenta perché è cresciuto il numero di molecole d'aria contenute nella colonna in esame (negli alti strati si registra un calo della pressione).

Moti verticali



- L' aria converge nelle regioni di bassa pressione e si alza. Il Vapore condensa e forma nuvole e precipitazioni. **La bassa pressione porta tempo nuvoloso ed umido**
- L' aria diverge dalle regioni ad alta pressione e si abbassa, riscaldandosi. **L' alta pressione porta tempo bello e secco**

Convezioni

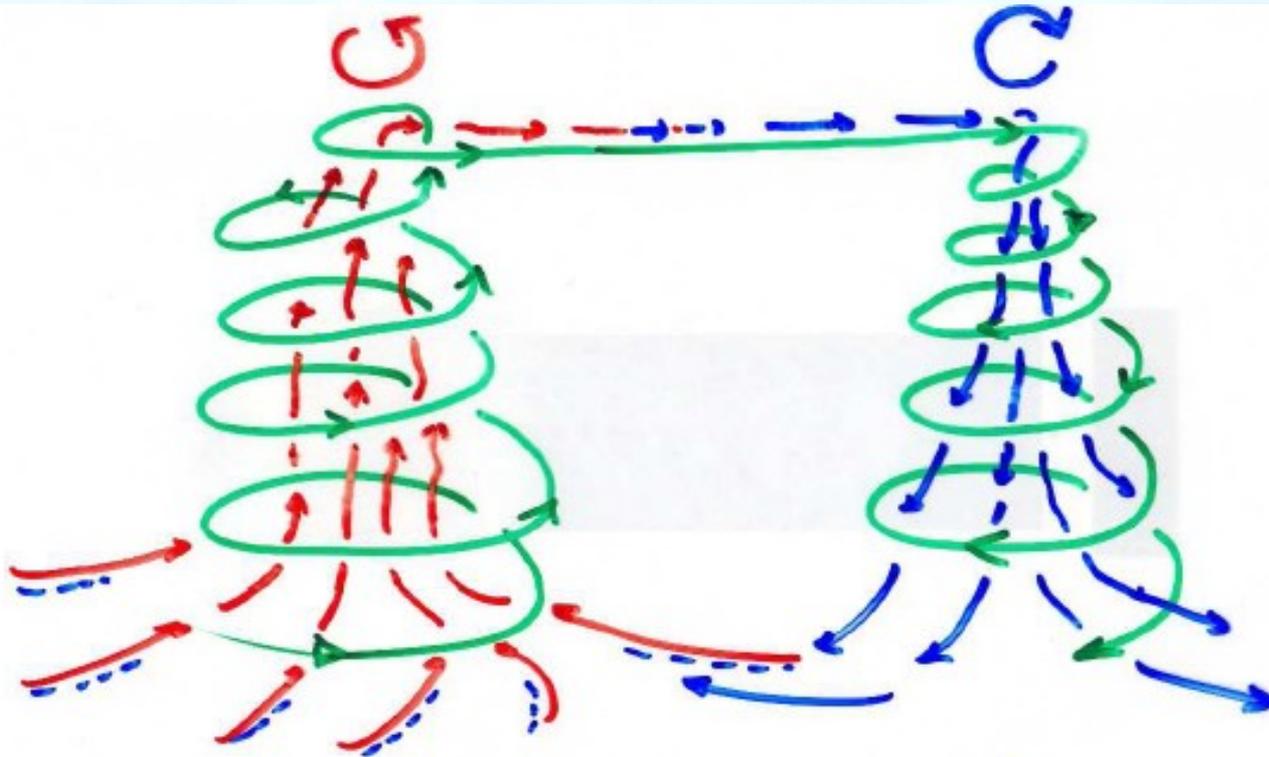


Moto ascensionale di aria calda circondata da aria più fresca. Il buco che si crea quando una bolla d'aria calda si alza richiama aria dai dintorni, la quale a sua volta deve essere rimpiazzata \Rightarrow moto convettivo, in cui colonne d'aria discendenti circondano la colonna ascendente

RISCALDAMENTO	RAFFREDDAMENTO
Posteggio asfaltato	Campo da calcio
Terra	Lago
Roccia	Erba
Sassaia	Pendio innevato

Cicloni e anticicloni

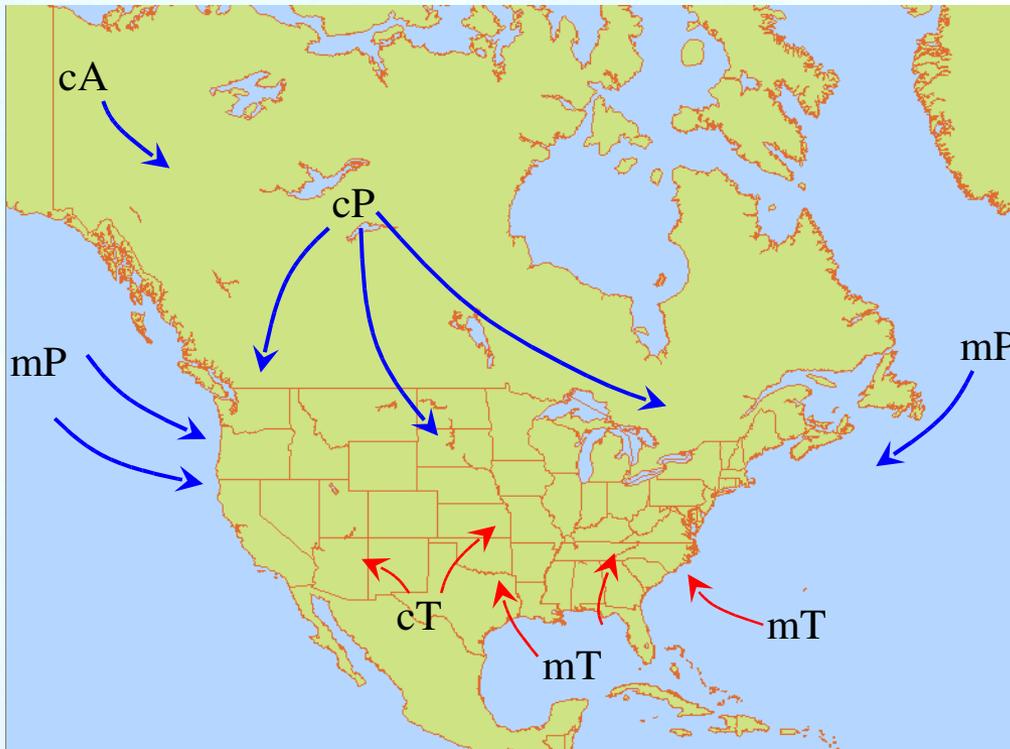
I venti nelle zone di alta pressione soffiano in verso orario nell'emisfero nord, antiorario in quello sud.



I venti nelle zone di bassa pressione soffiano in verso antiorario nell'emisfero nord, orario in quello sud.

Masse d'aria

Si chiamano così, grandi ammassi di aria che presentano una **temperatura orizzontale e una composizione pressochè costante.**



Le masse di aria sono classificate secondo la loro origine

Prima lettera:

c - continentale

m - marittima

Seconda lettera:

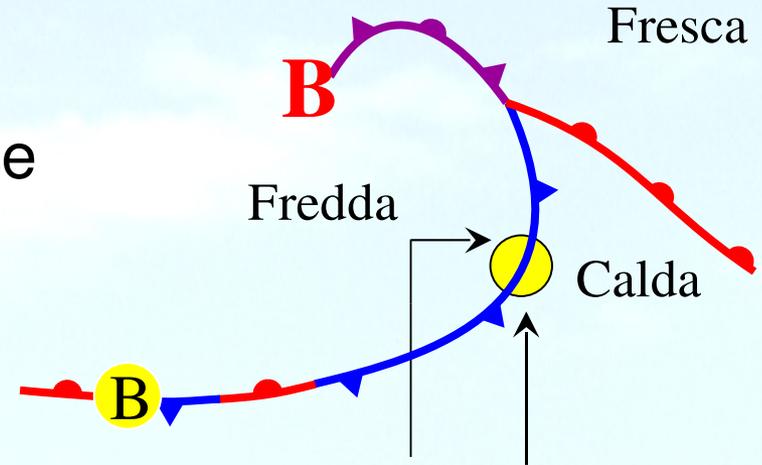
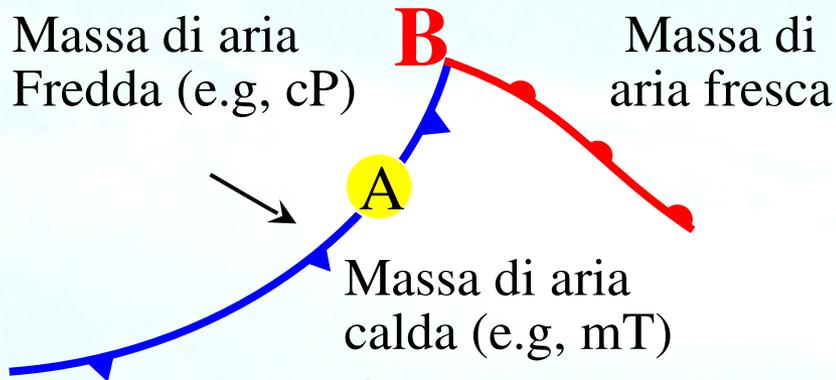
P - polare

T - tropicale

Fronti

Un fronte è definito come la **separazione tra due masse d'aria**.

Le masse d'aria separate da un fronte possono essere molto diverse (punto "A") o più simili (punto "B").



Più grande è la differenza tra le due masse separate dal fronte, maggiore è la probabilità di brutto tempo

Tipologia dei fronti

- Freddo



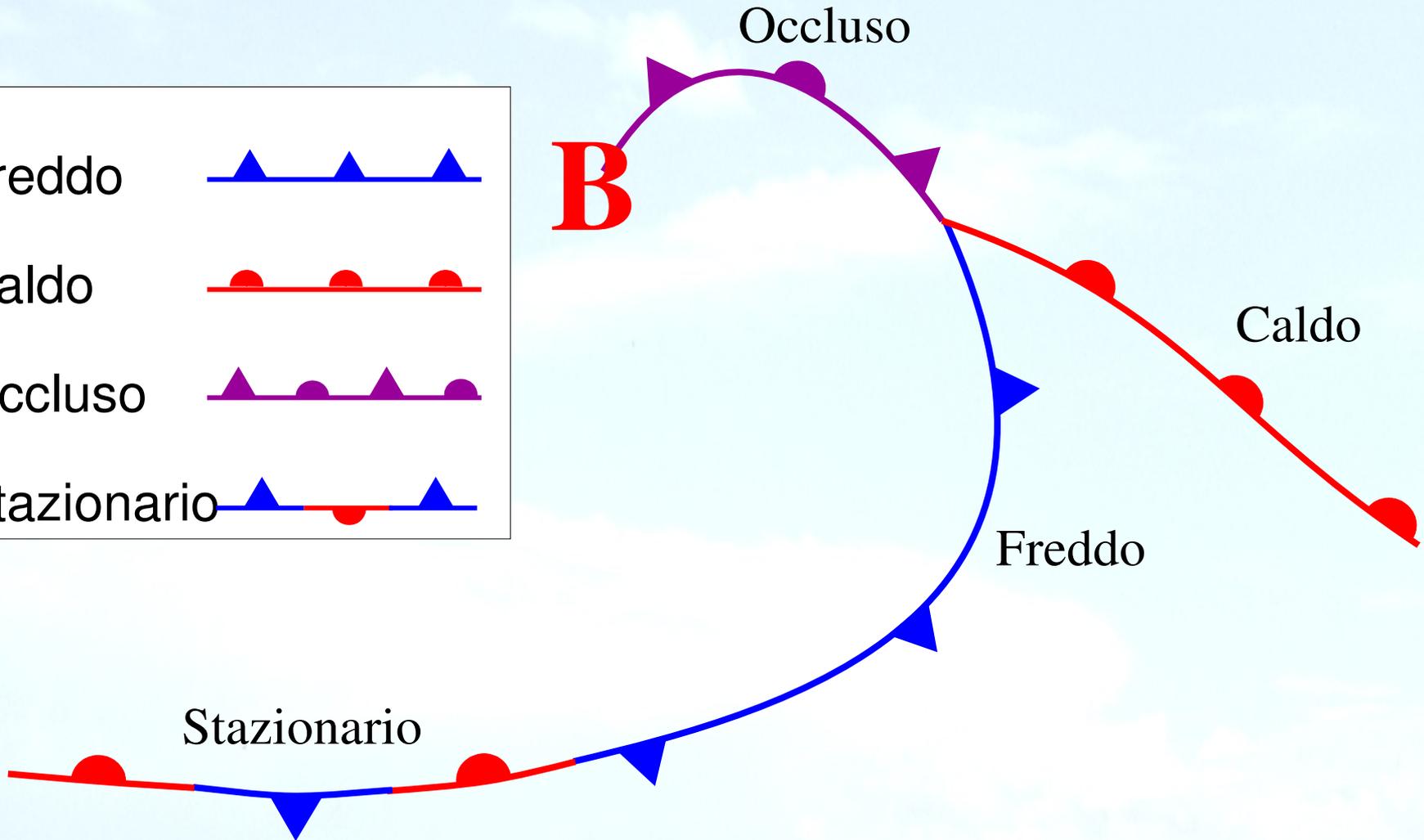
- Caldo



- Occluso



- Stazionario

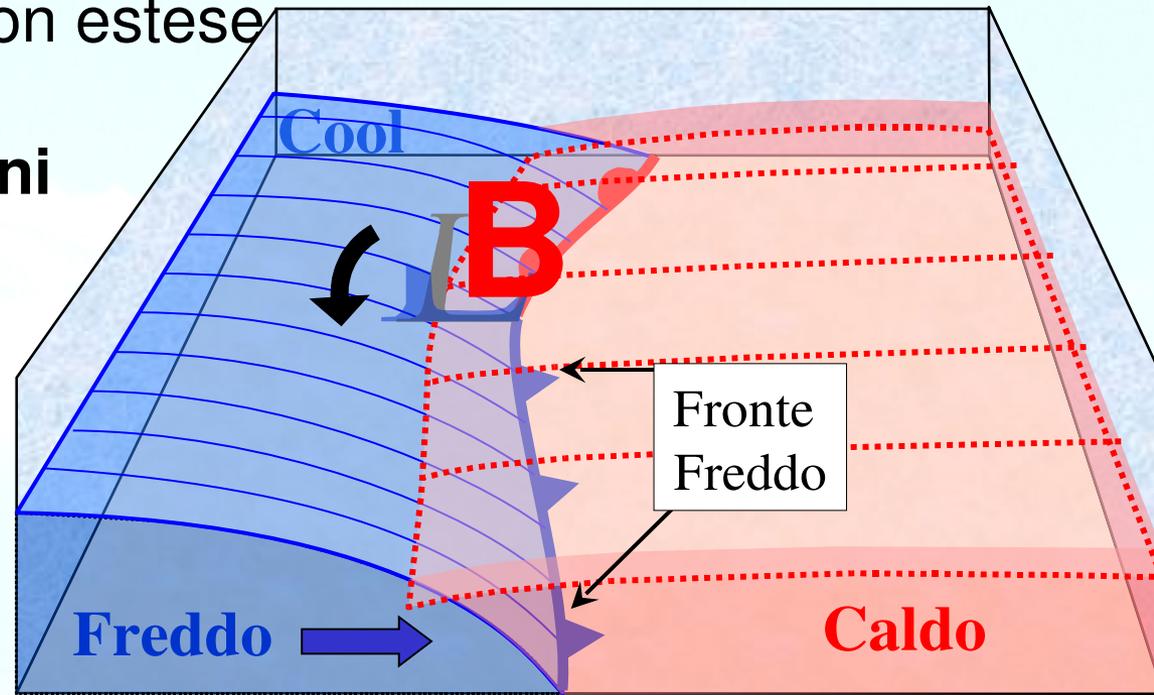
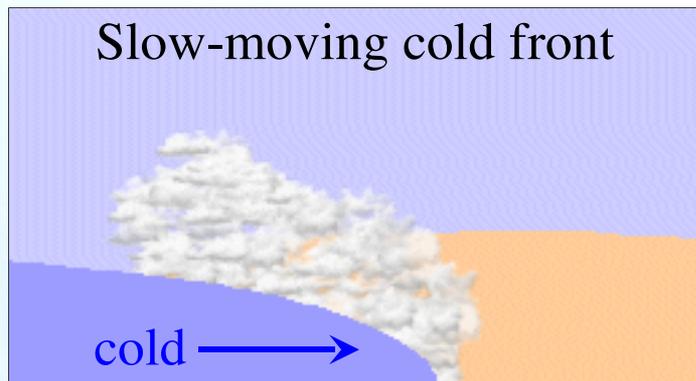


Fronte freddo

confine tra una massa di aria fredda in moto ed una calda

I fronti freddi sono associati a:

- Bruschi cambiamenti di temperatura su piccole distanze
- Cambiamenti nella composizione dell'aria
- Venti variabili con passaggi frontali
- Intense precipitazioni non estese
- **Nuvole cumuliformi instabili e precipitazioni**

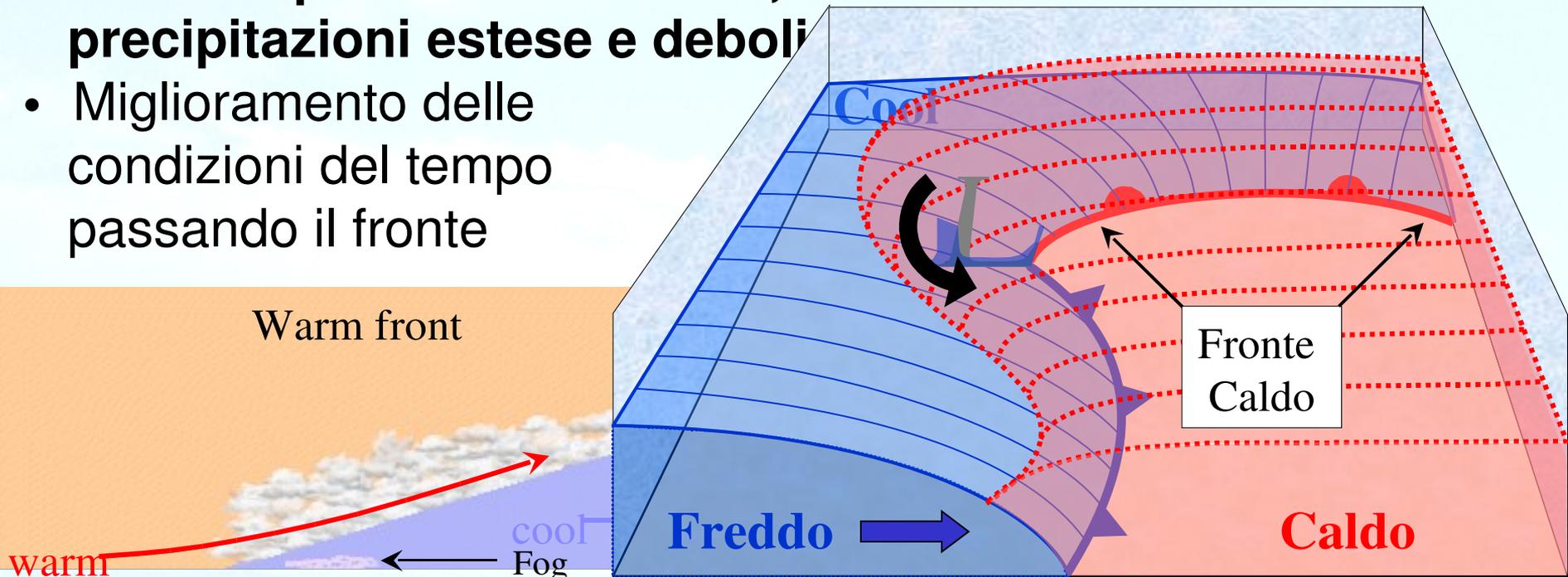


Fronte caldo

confine tra una massa di aria calda in moto e di aria fredda

I fronti caldi sono associati con:

- Estesa attività nuvolosa davanti al fronte
- Temperature che aumentano attraversando il fronte.
- **Nuvole spesse e stratiformi, precipitazioni estese e deboli**
- Miglioramento delle condizioni del tempo passando il fronte

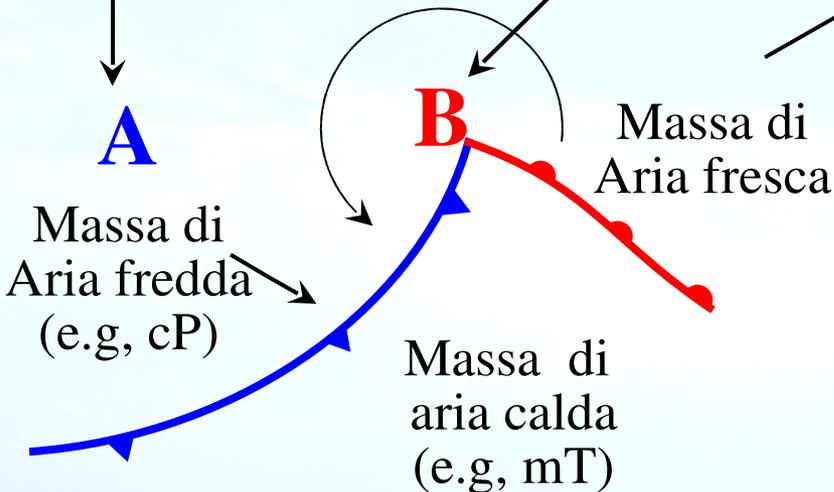


Sistemi di pressione e Fronti

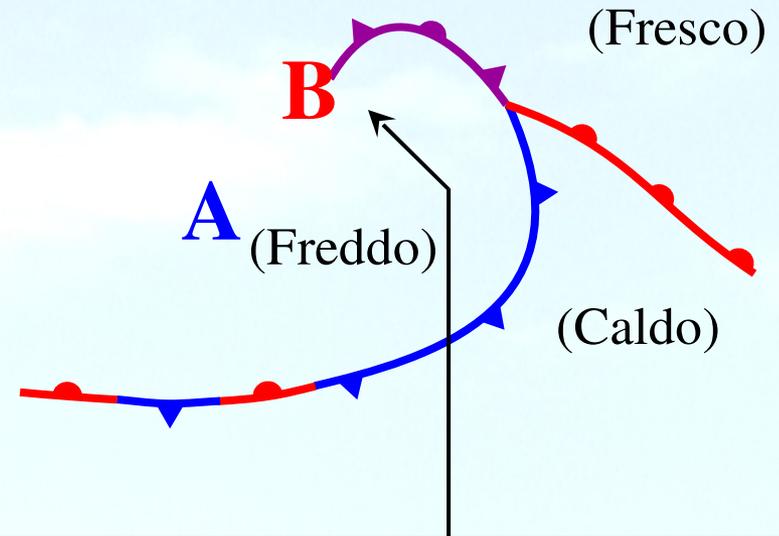
Sistemi di pressione e fronti sono correlati

Una regione di bassa pressione si forma quando si incontrano un fronte freddo e uno caldo

L'alta pressione è definita dalla massa di aria che si avvicina



(tempo)



All' evolversi del sistema la posizione della regione a bassa pressione si allontana dai fronti freddo e caldo..

Nubi

- Costituite, a seconda della quota, da **goccioline d'acqua, cristalli di ghiaccio o da entrambi**
- Si formano mediante il processo di condensazione e si dissolvono per evaporazione. Quando l'umidità relativa supera il 100%, una parte del vapore acqueo condensa formando minutissime goccioline d'acqua sospese in aria.
- Tale processo necessita della presenza di **nuclei di condensazione.**
- Modalità di formazione delle nubi:
 - ascesa dell'aria per riscaldamento locale (termiche)
 - ascesa dell'aria causata da cicloni o fronti
 - ascesa dell'aria per motivi orografici (sbarramento)
 - Raffreddamento aria a contatto con una superficie fredda (nebbia)

Cirri



Cirrostrati

Cirrostratus

PSC Cloud Photo

**Formano un velo nuvoloso biancastro di aspetto fibroso o liscio che ricopre interamente il cielo.
Alta quota**



Alto cumuli

Alto cumulus

PSC Cloud Photo

Courtesy of Jay Shafer

Si presentano come banchi di “nuvolette”, a forma di fiocchi o balle, di colore biancastro (cielo a “pecorelle”). Quota media formati prevalentemente da goccioline d’acqua.

Altostrati

Altostratus
PSC Cloud Photo

Distesa nuvolosa senza struttura più o meno grigia a seconda dello spessore. Quota media. Possono dare precipitazione, pioggia o neve

Nembostrati

Nimbostratus

PSC Cloud Photo

Distesa nuvolosa grigio scura, amorfa, accompagnata spesso da nubi basse e frastagliate di cattivo tempo. Quota media. Danno luogo a precipitazioni.



Strati

Stratus
PSC Cloud Photo

Sono le nubi più basse (possono raggiungere il suolo), grigie, uniformi. Quota bassa formati da goccioline di acqua. Possono dar luogo a pioviggine.

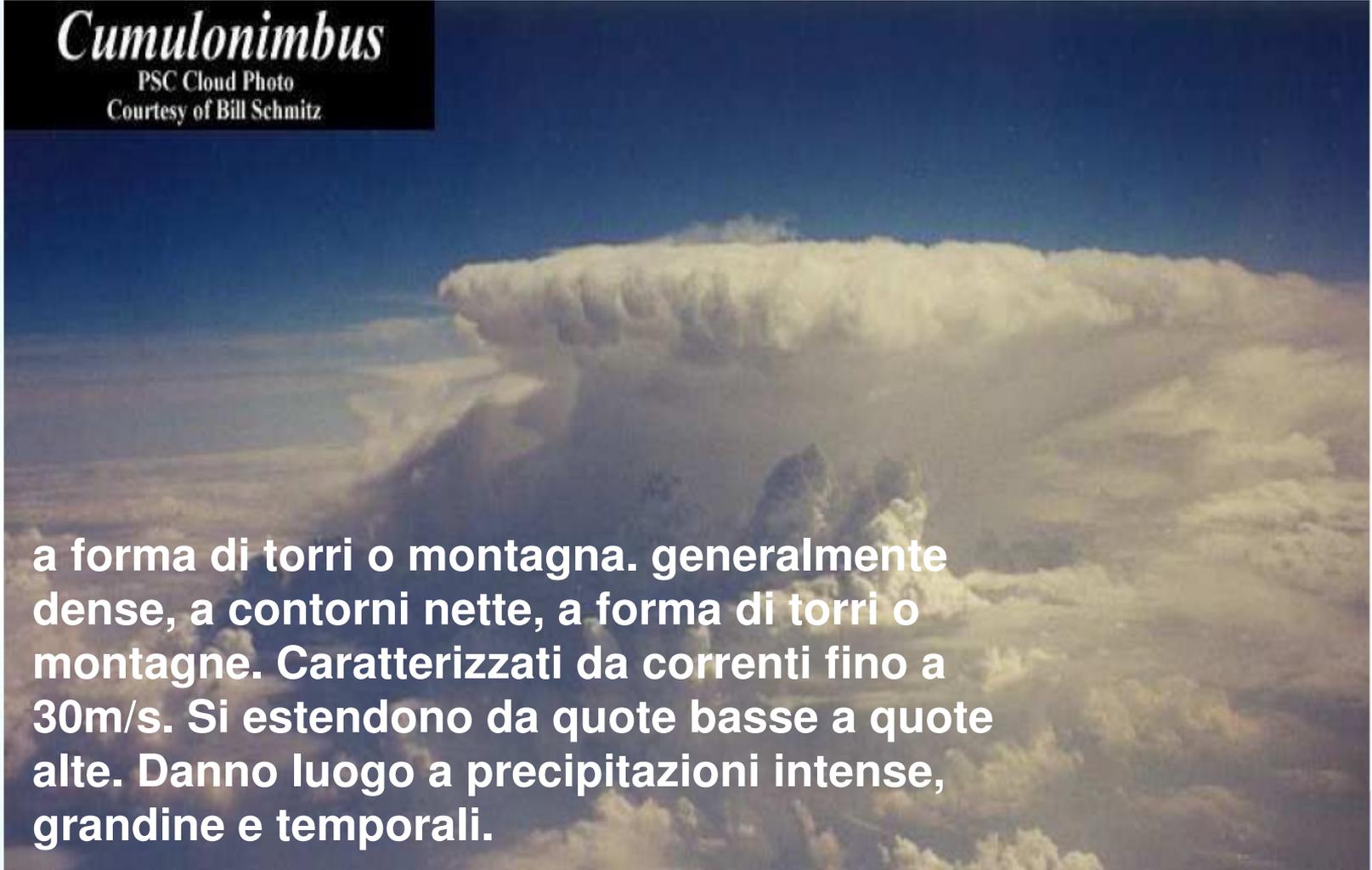


Cumulonembi

Cumulonimbus

PSC Cloud Photo
Courtesy of Bill Schmitz

a forma di torri o montagna. generalmente dense, a contorni nette, a forma di torri o montagne. Caratterizzati da correnti fino a 30m/s. Si estendono da quote basse a quote alte. Danno luogo a precipitazioni intense, grandine e temporali.



Precipitazioni

- Si formano quando le **nubi cumuliformi e stratiformi** raggiungono quote sufficientemente elevate da dar luogo alla formazione di piccoli cristalli di ghiaccio.
- I cristalli di ghiaccio si accrescono urtando gli uni contro gli altri durante il moto di caduta per effetto del brinamento di goccioline d'acqua sospese nell'aria
- Quando le correnti interne alle nubi non sono più in grado di sostenere i cristalli più grossi, questi cominciano a precipitare verso il basso.
- Se durante il moto di caduta i cristalli attraversano strati più caldi, fondono e danno luogo a pioggia

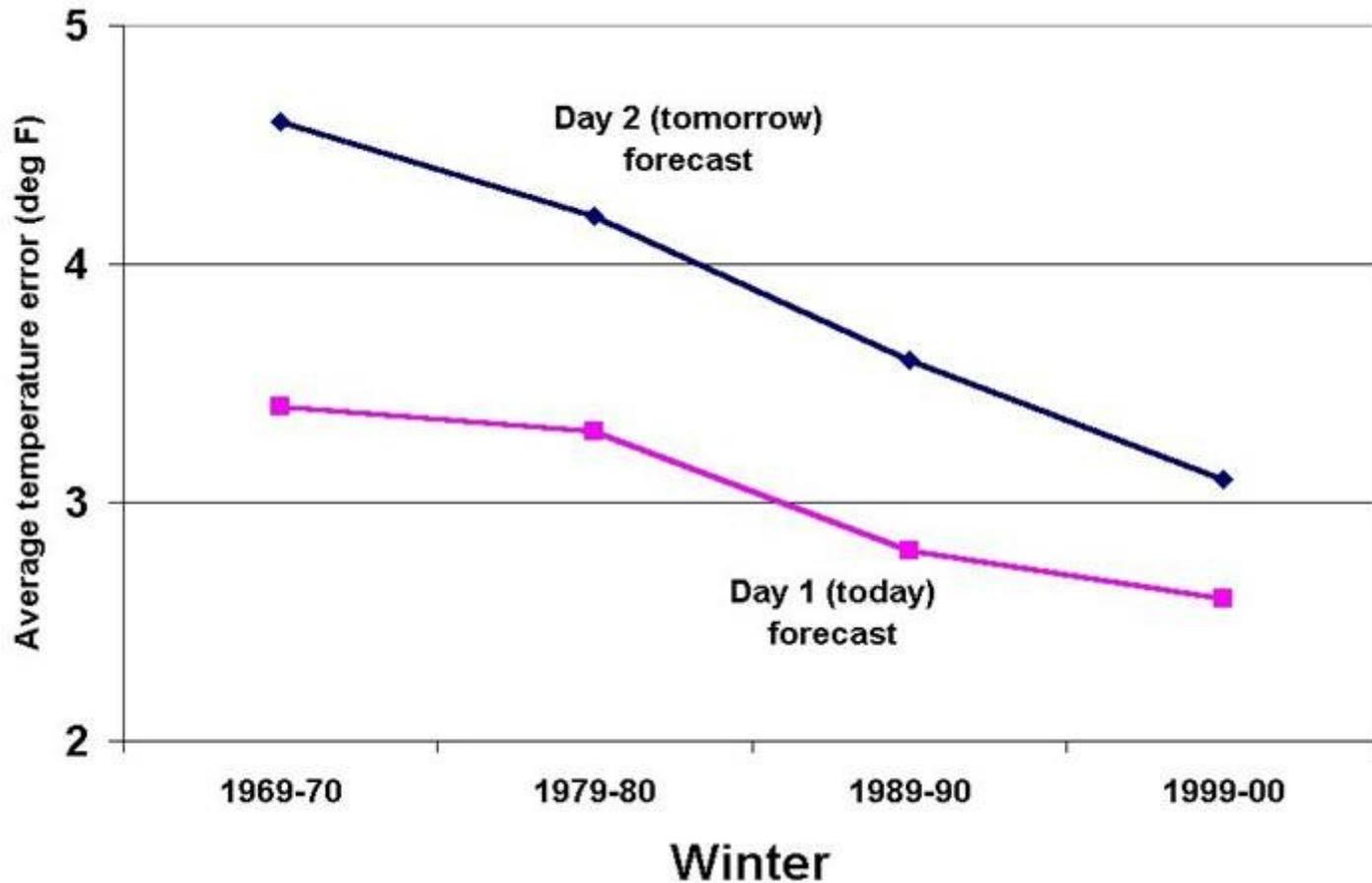
Previsioni locali

Specie del tempo	BAROMETRO	TERMOMETRO	NUBI
Bello	Superiore alla norma	Sale dal levar del sole fino alle ore 13-14, poi discende lentamente	Cumuli nani, cirri provenienti da est, isolati; leggera nebbia che si scioglie ai raggi solari
Variabile con tendenza al brutto	Scende a sbalzi	Non scende alla sera	Annuvolamenti provenienti da sud e da ovest, cirri accompagnati da altostrati o cirrostrati
Vento	Scende e poi risale bruscamente	In ascesa	Cortina di nubi all'alba
Pioggia	Scende e poi risale lentamente	Non sale durante il giorno	Nembostrati in movimento con ciuffi bassi
Tormenta Temporali	Scende rapidamente	In sensibile ascesa al mattino	Cumulonembi e nembostrati

Previsioni locali

Specie del tempo	VENTO	CIELO	NOTE VARIE
Bello	Provenienza est o NE; scende le valli la sera e sale al mattino	Grigio chiaro al mattino, rosa o arancione al calar del sole	Il fumo si dissipa rapidamente; i jet non lasciano scia
Variabile con tendenza al brutto	Intensità e provenienza variabile; scende le valli al mattino, le sale alla sera	Strisce rosse al tramonto, spesso alone solare e lunare provocato da cirro-strati	Il fumo è denso, non si dissipa rapidamente, i jet lasciano lunghe scie
Vento	Soffi brevi e violenti	Stelle scintillanti, cielo rosso al mattino e alla sera	Sfondo dei panorami molto variabile
Pioggia	Assenza di aria nelle valli, oppure venti da Sud o SO	Rosso prima del levar del sole; arcobaleno; le nubi calano dalle cime	Cattivi odori emananti dagli scarichi
Tormenta Temporali	Freddo e turbinoso	Aloni solari e lunari	Aria pesante

Le previsioni sono migliorate!



Modelli matematici previsioni

$$\text{Temp futura} = \text{Temp attuale} +$$

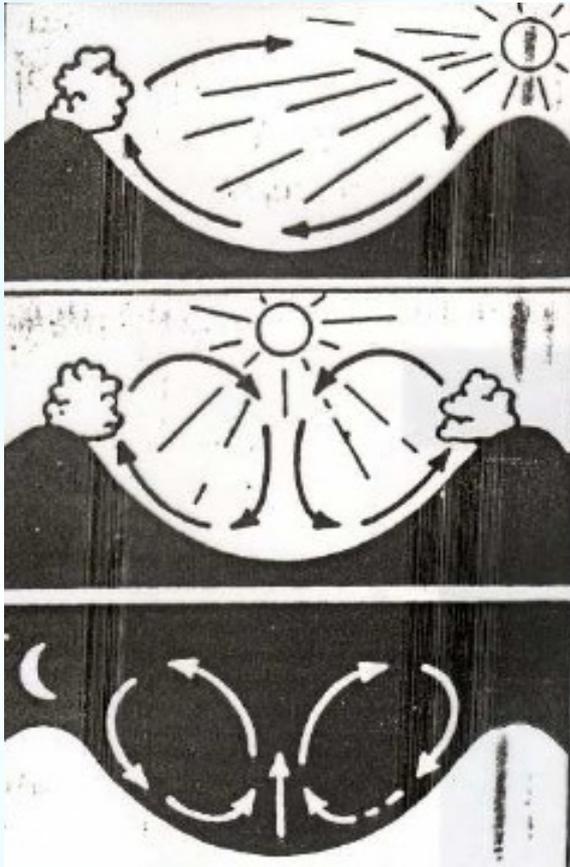
**Variazione
Temp tra adesso
e futuro**

Quali processi cambiano la temperatura?

- Sole
- Direzione venti
- Evaporazione
- Cambiamenti pressione
- Etc, etc, etc

Il computer è programmato con rappresentazioni matematiche di questi processi

Brezza II



Cold fronts are further characterized by their **speed of movement** - which defines their slopes.

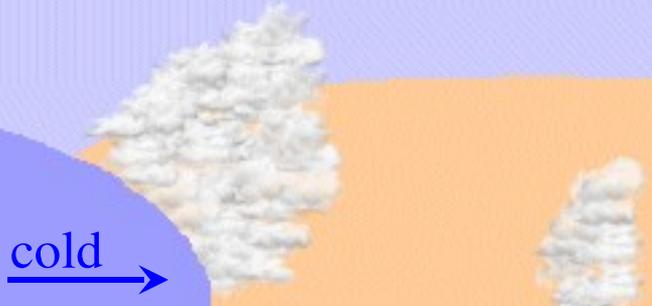
Slow-moving cold front



Slow moving cold fronts:

- Most clouds and weather are ***at and behind*** the advancing cold front
- Longer periods of rain/snow, less thunderstorm activity

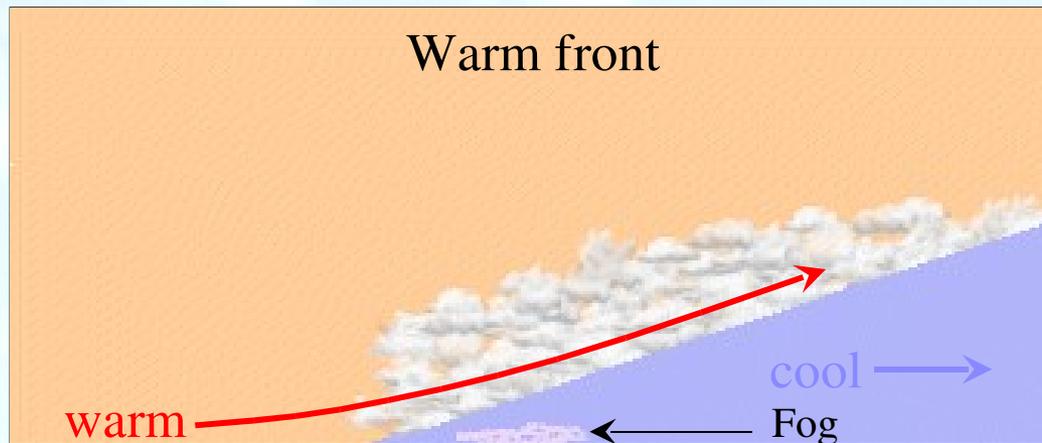
Fast-moving cold front



Fast moving cold fronts (steeper slope):

- Most clouds and weather are ***near and ahead*** of the advancing cold front
- Rain/show showers (sometimes heavy), more thunderstorm activity
- Thunderstorms often form ahead of front

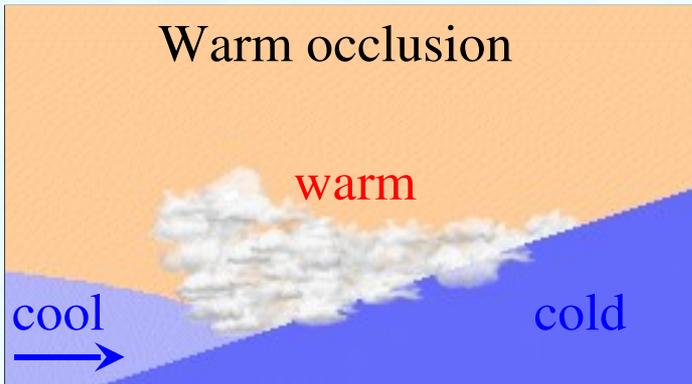
Warm fronts have extremely **shallow** slopes.



- Clouds and weather are *at and ahead* the advancing warm front.
- Precipitation consists of steady rain or snow and *usually* no thunderstorm activity - although thunderstorms may be embedded within the frontal area and hard to discern on satellite pictures.
- Fog is frequently found in the cooler air ahead of the warm front.

There are two types of occluded fronts: **warm**, and **cold**.

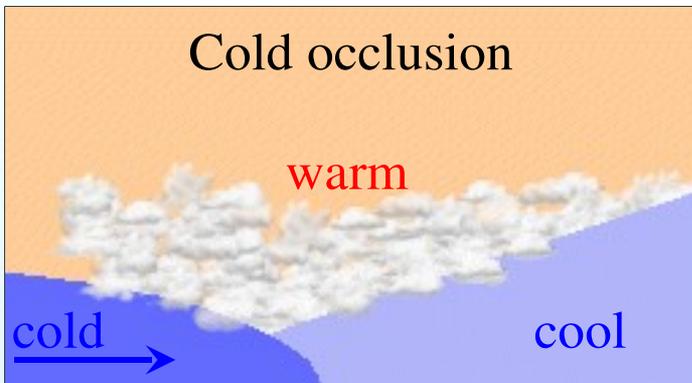
Warm occlusion



Warm occlusions:

- Milder maritime polar (mP) air overtakes colder continental polar (cP) air.
- Warm occlusion weather is similar to that of a warm front.
- More steady, less showery precipitation.

Cold occlusion

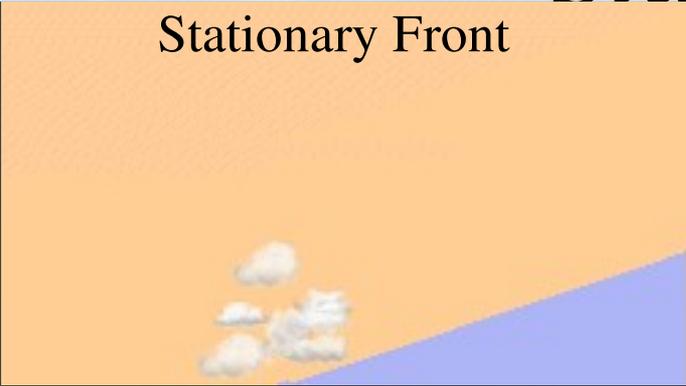


Cold occlusions:

- Colder cP air overtaking milder mP air.
- Cold occlusion weather resembles warm frontal weather before the front passage, and cold frontal weather during and after passage.

Stationary Front

Stationary Front



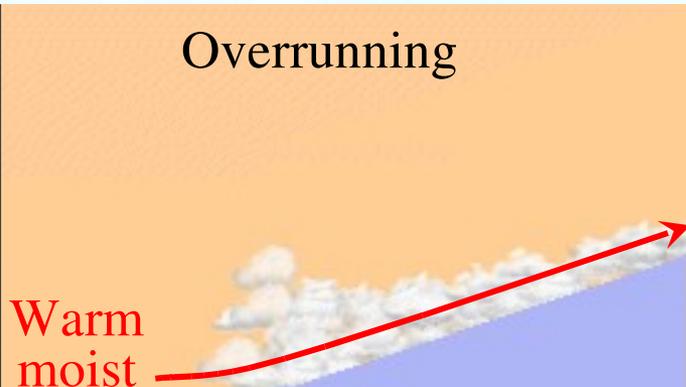
Stationary fronts:

- Normally have “good” weather associated with them.

Exceptions:

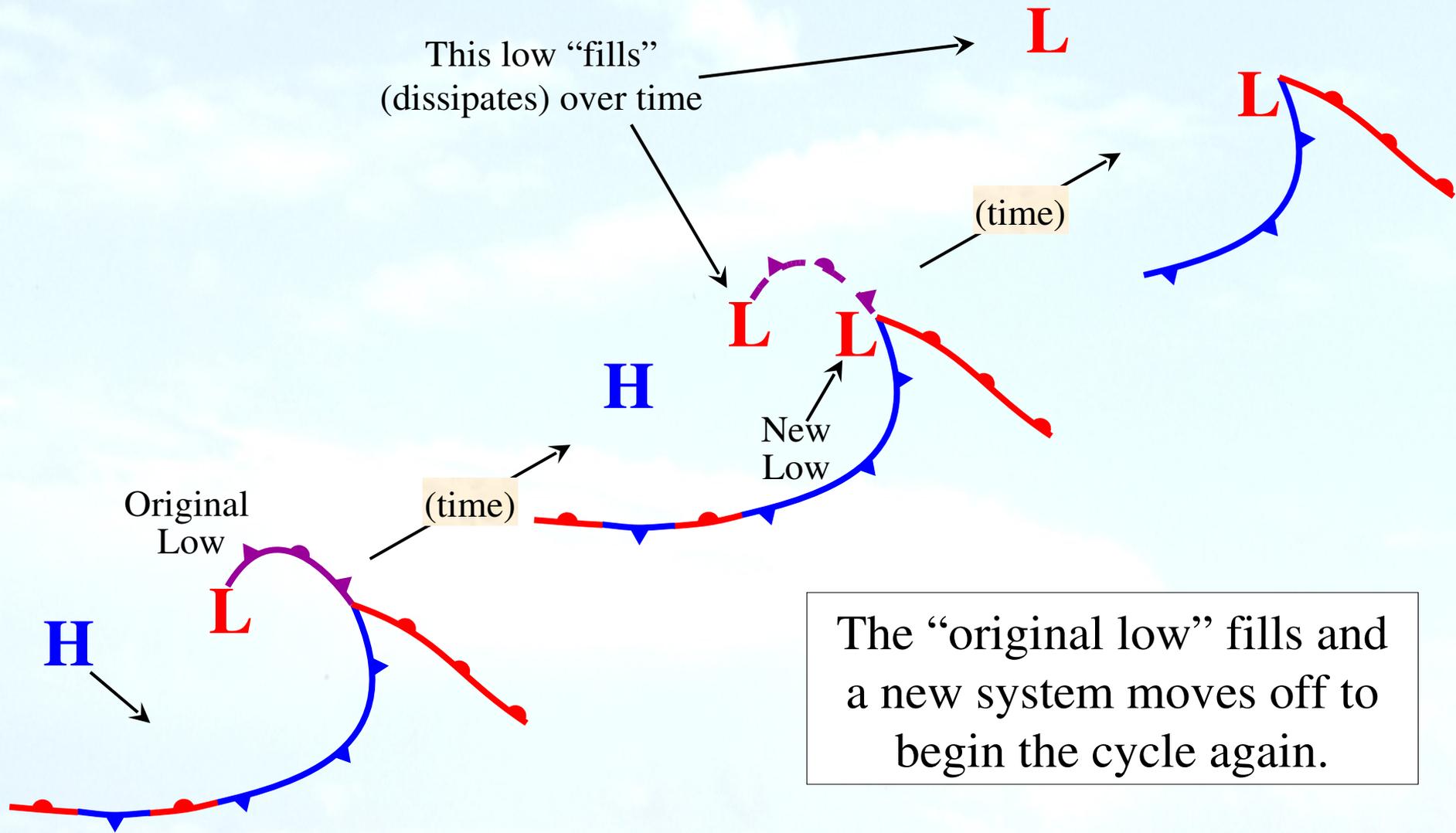
- If a new pulse of cold air moves in from the north, the cold front can begin to advance and a new low can form on the frontal boundary.
- If warm, moist air overruns the frontal boundary, widespread cloudiness and light precipitation can cover a vast area.

Overrunning



New Lows frequently form at the “triple point.”

Pressure Systems

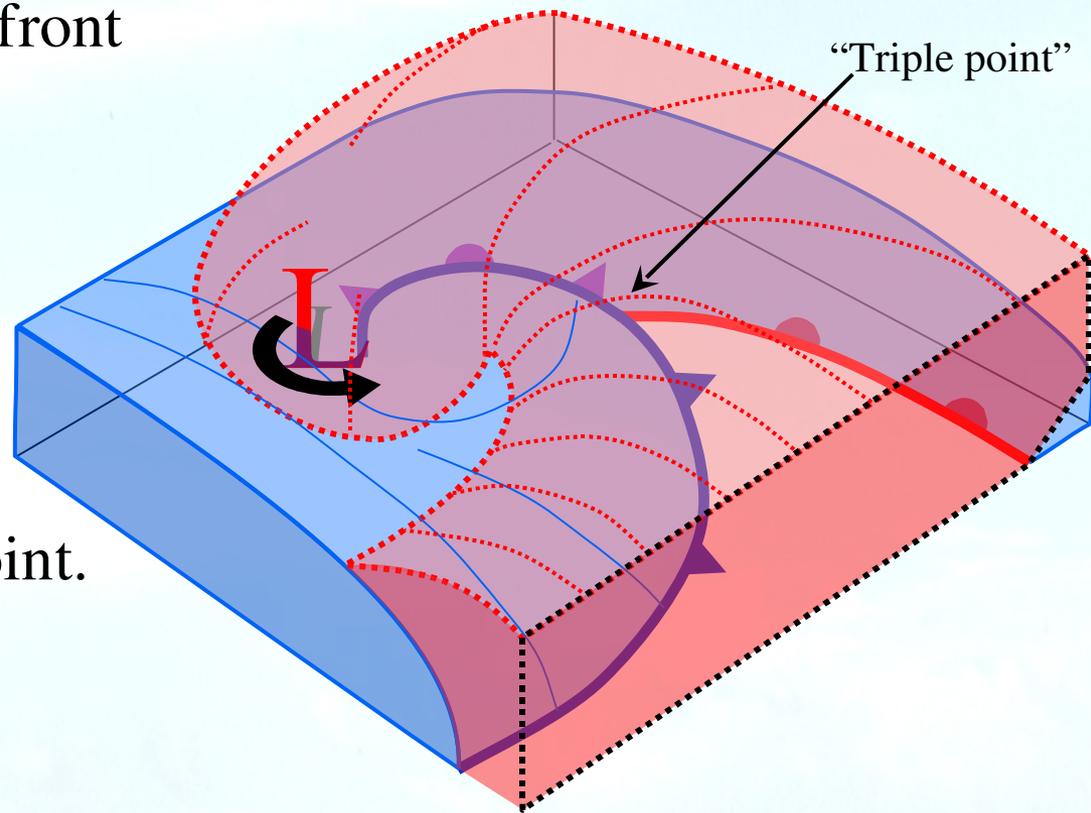


The “original low” fills and a new system moves off to begin the cycle again.

An **occluded front** defines the portion of frontal area where the cold front has overtaken the warm front and pushed it aloft.

Occluded fronts are associated with:

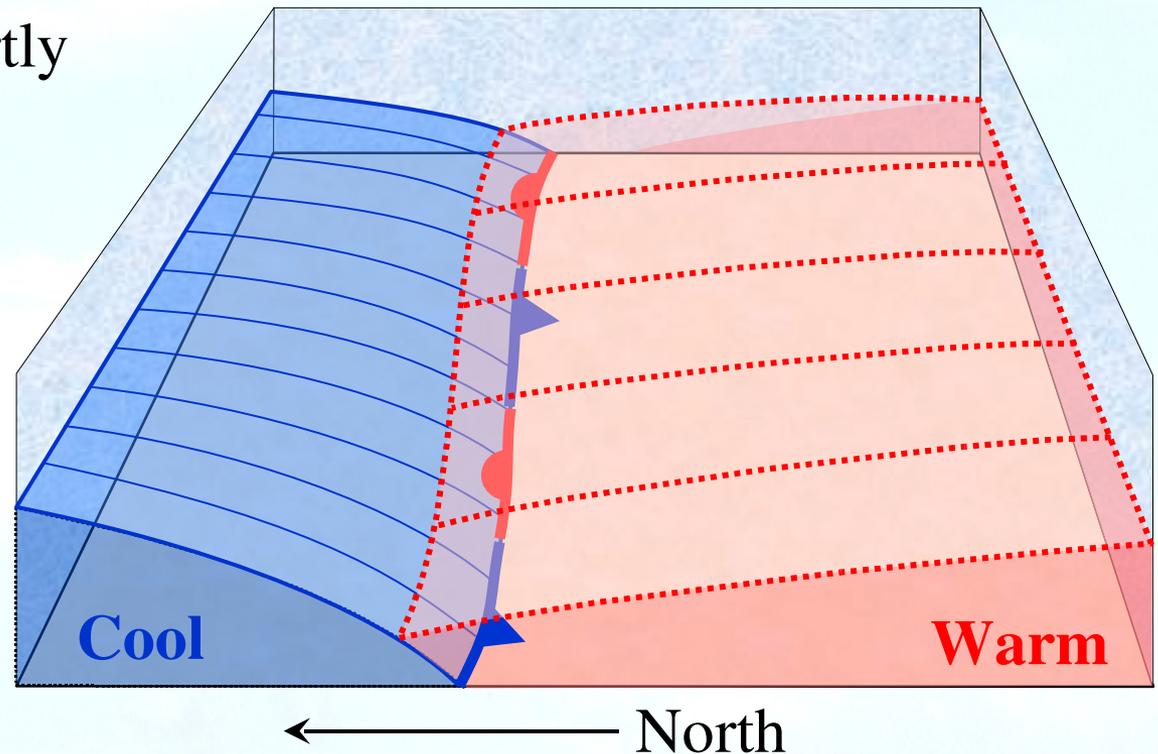
- Both warm front and cold front weather characteristics
- The worst weather with an occluded front is located where the cold and warm fronts meet at the surface: the triple point.



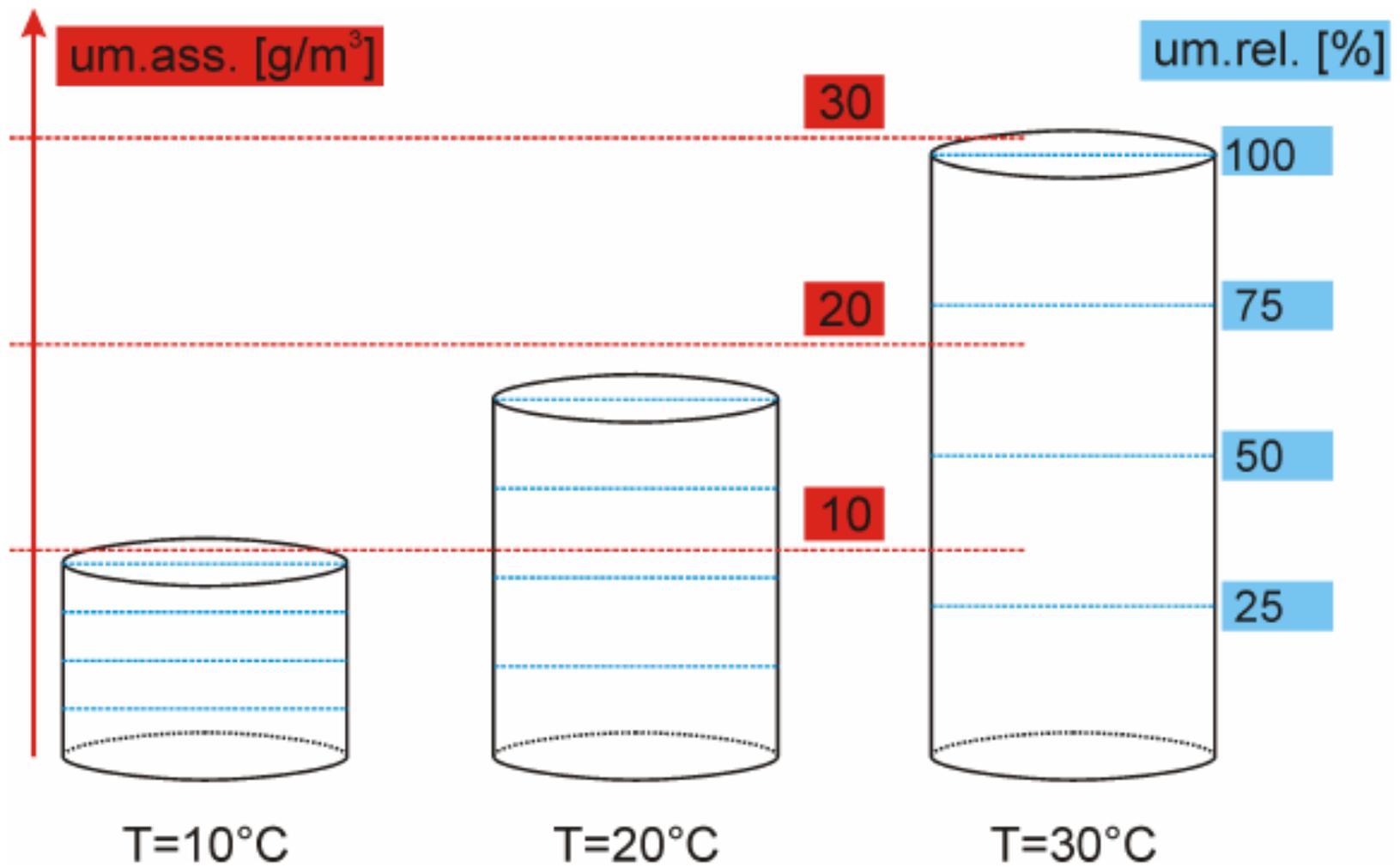
A **stationary front** has essentially no movement (the advancing cold front has “stalled out”).

Stationary fronts are associated with:

- East-west orientation.
- *Normally* clear to partly cloudy skies.
- *Normally* little or no precipitation.

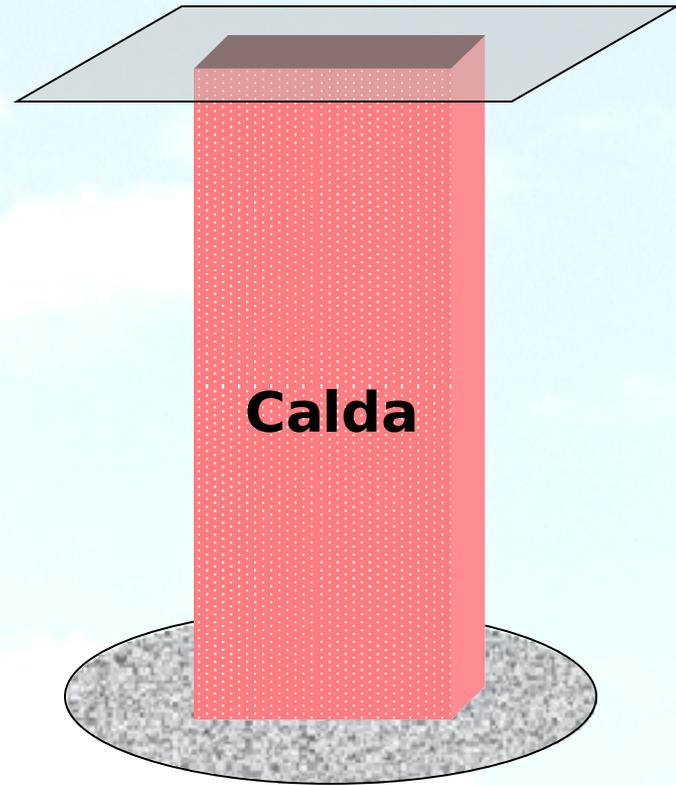
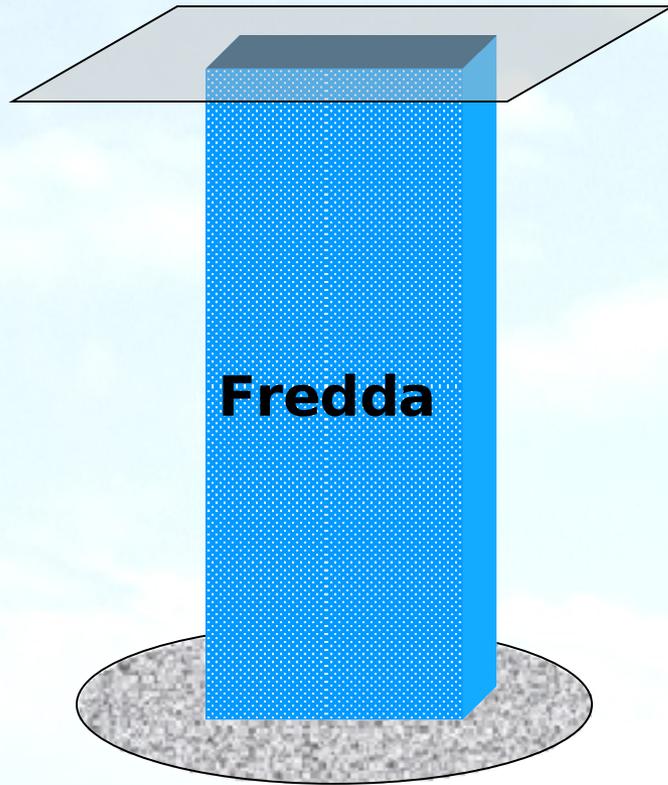


Umidità



I cilindri indicano la massima quantità di vapore acqueo contenuta in un metro cubo di aria

Variazioni di Pressione-Temperatura



Colonna fredda = pressione alta

Colonna calda = pressione bassa