

# Meteorologia

## Corso Istruttori

### Torbole 16 marzo 2019



*Andrea Piazza – meteorologo certificato DEKRA n.3-16*

Dott. Stefano Gallino 31/7/2015





**E le nubi di cosa sono fatte?  
Perché sono bianche, grigie e nere?**

*In meteorologia come si esce dall'ovvio  
si entra nell'assurdamente complesso*

*Giovanni Badino 1990*

# indice

- Atmosfera e acqua
- Fronti
- Fulmini
- Temperatura e pressione
- Vento sinottico e brezze
- Correnti

# L'ATMOSFERA

L'atmosfera è una miscela di gas invisibili

## Componenti permanenti

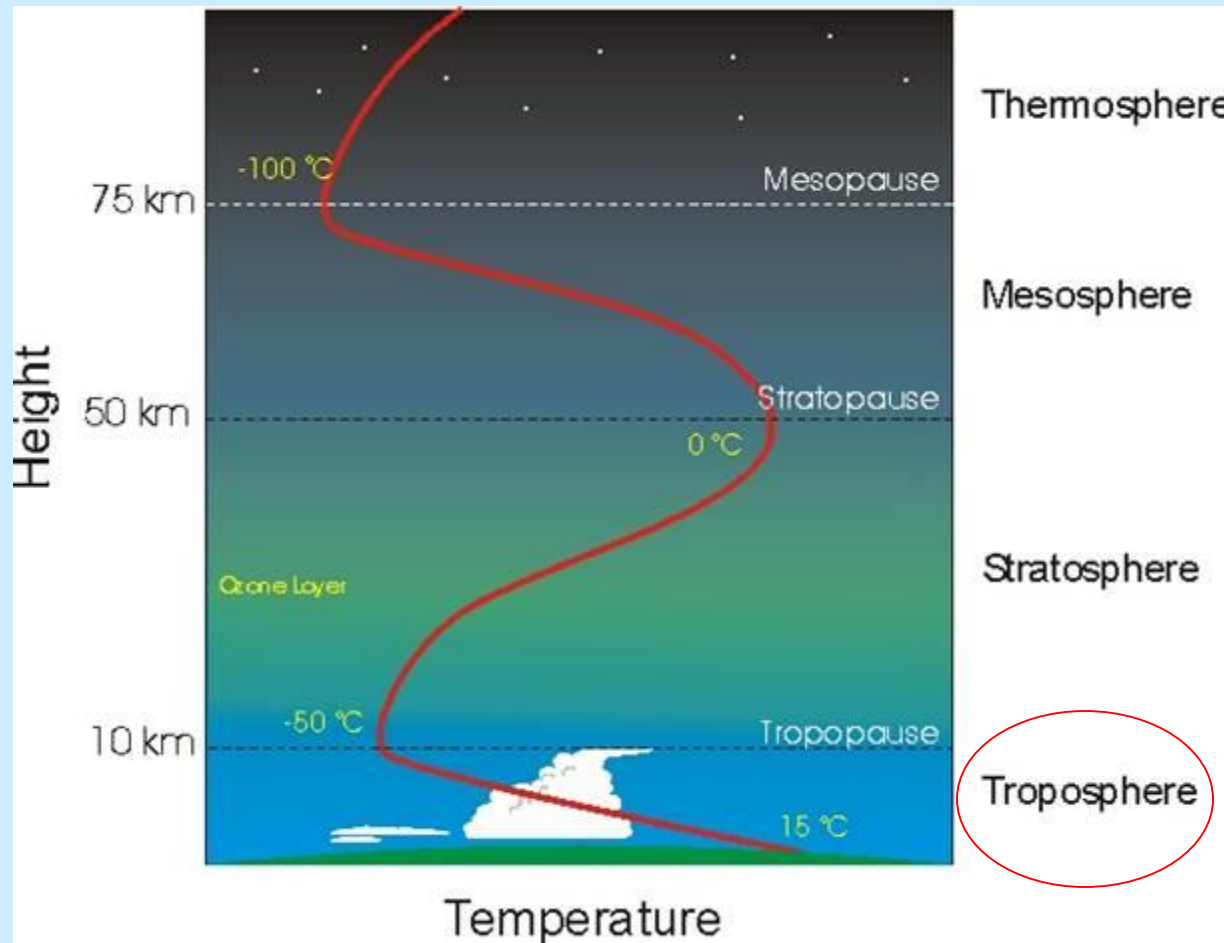
<b>Azoto (N<sub>2</sub>)</b>	<b>78.09 %</b>
<b>Ossigeno (O<sub>2</sub>)</b>	<b>20.95 %</b>
<b>Argo (Ar)</b>	<b>0.93 %</b>
<b>Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>0.035 %</b>
<b>Gas nobili (elio, neon,...)</b>	



## Componenti variabili

- **Ozono (O<sub>3</sub>):** 5-10 ppm a 20-30 km      0.001-0.03 ppm al suolo
- **Il vapore acqueo occupa fino al 4% del volume dell'aria**

# PROFILO VERTICALE DI TEMPERATURA



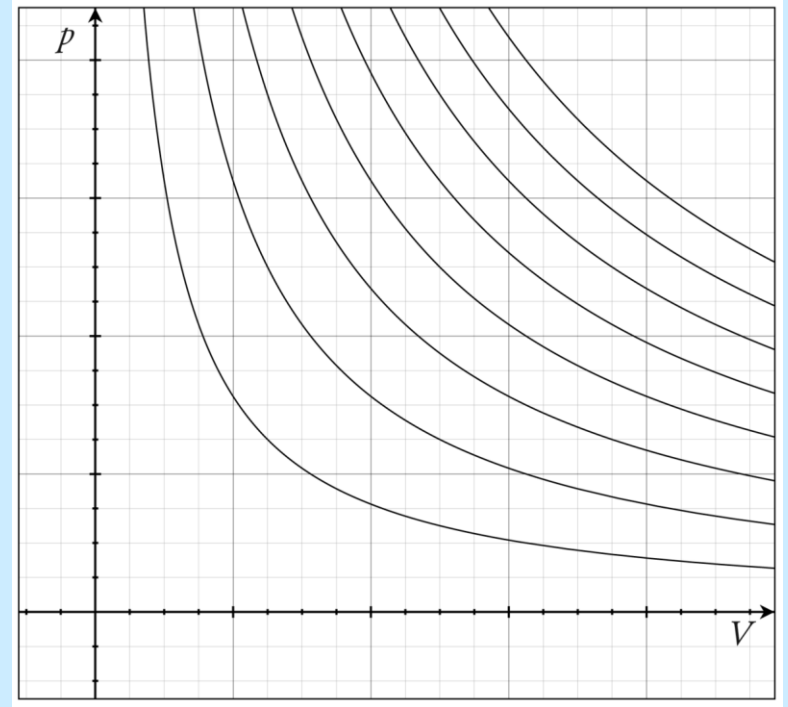
Fino a 100 km di quota la composizione dell'atmosfera può essere considerata costante (omosfera)

I principali fenomeni meteorologici hanno luogo nella **troposfera**

# Le leggi della fisica

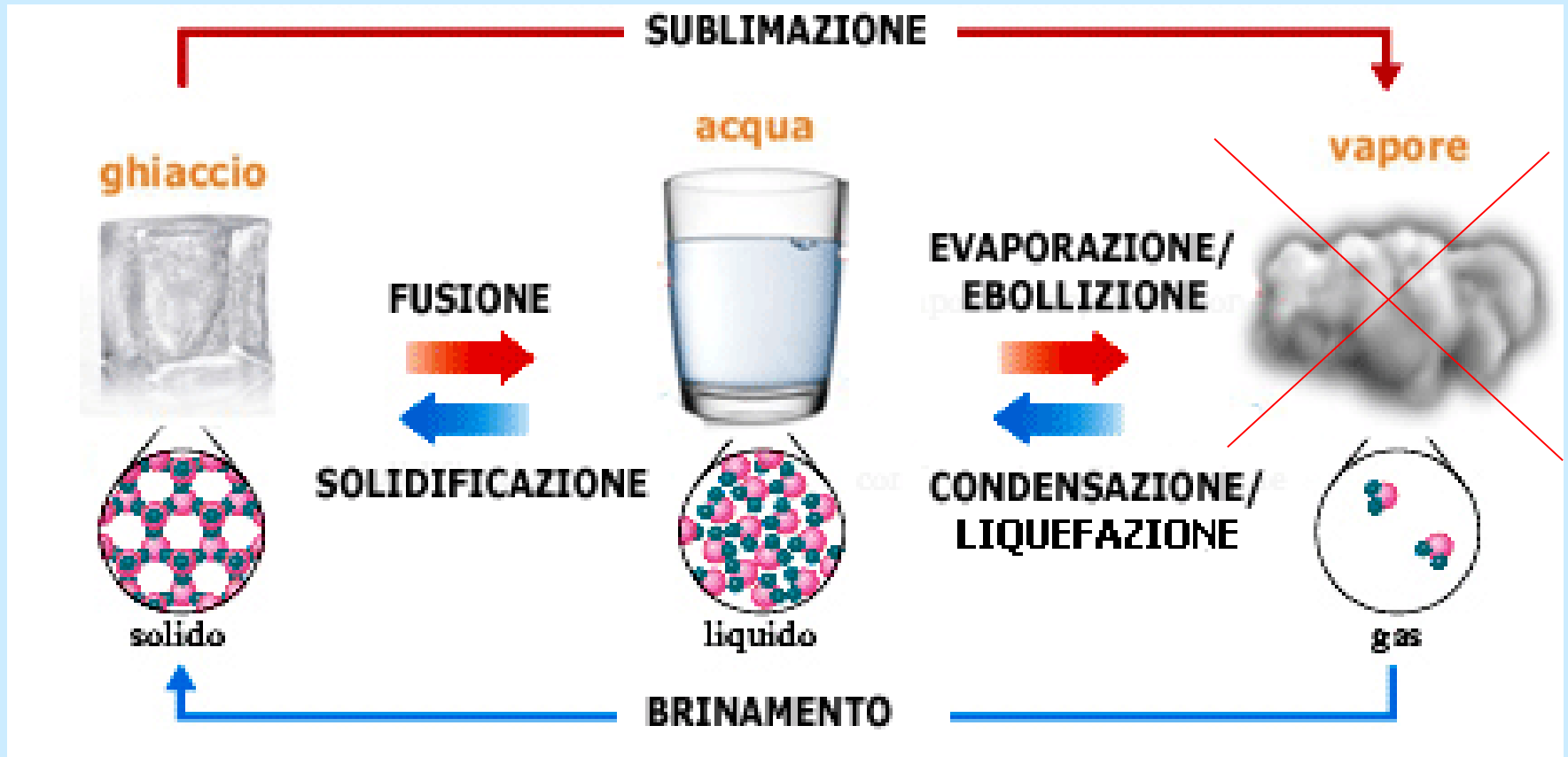
- $P * V = n * R * T$

1834 Emile Clapeyron



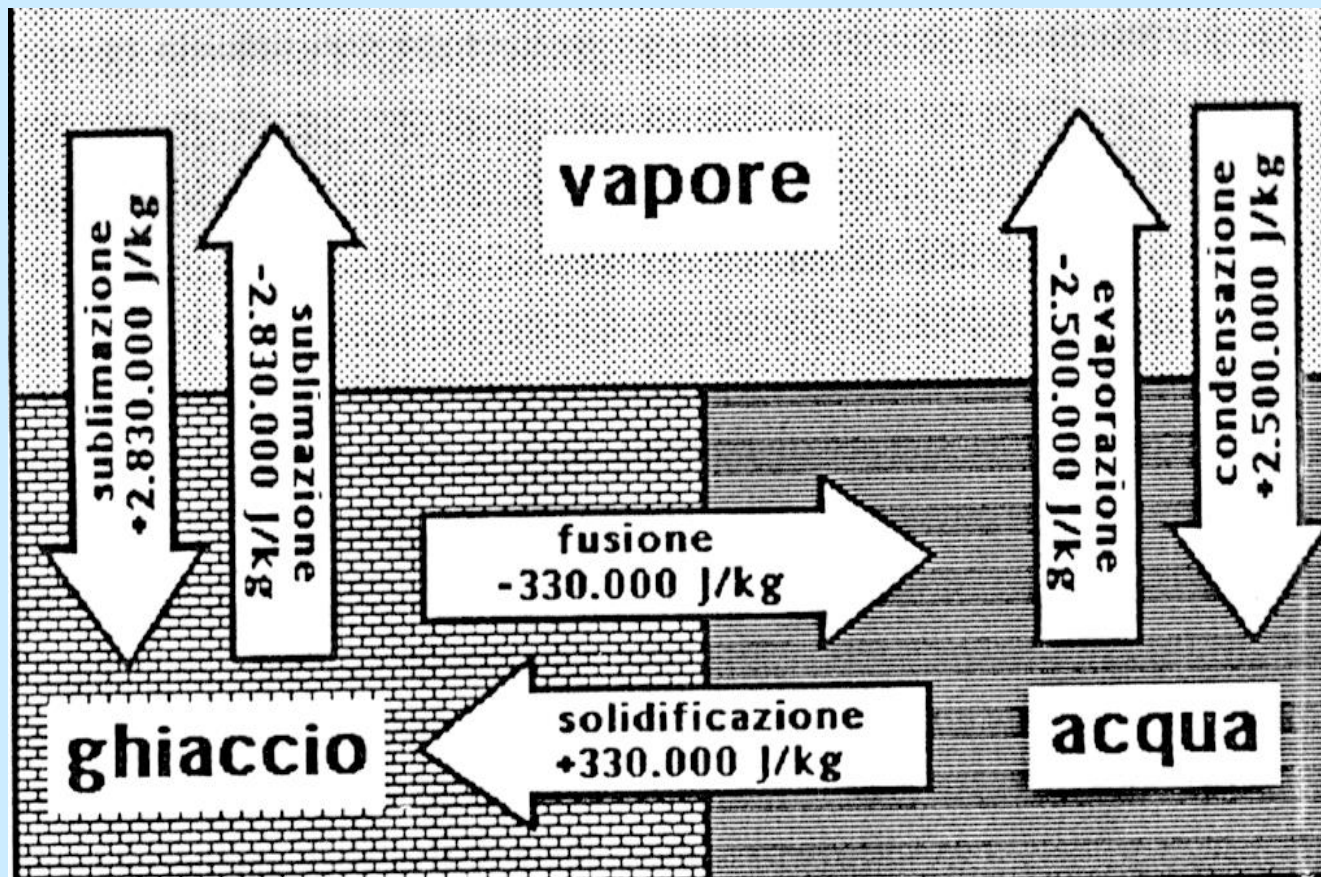
Se la temperatura aumenta a pressione costante allora aumenta il volume: l'aria diventa meno densa e quindi, per il principio di Archimede, sale.

# L'acqua

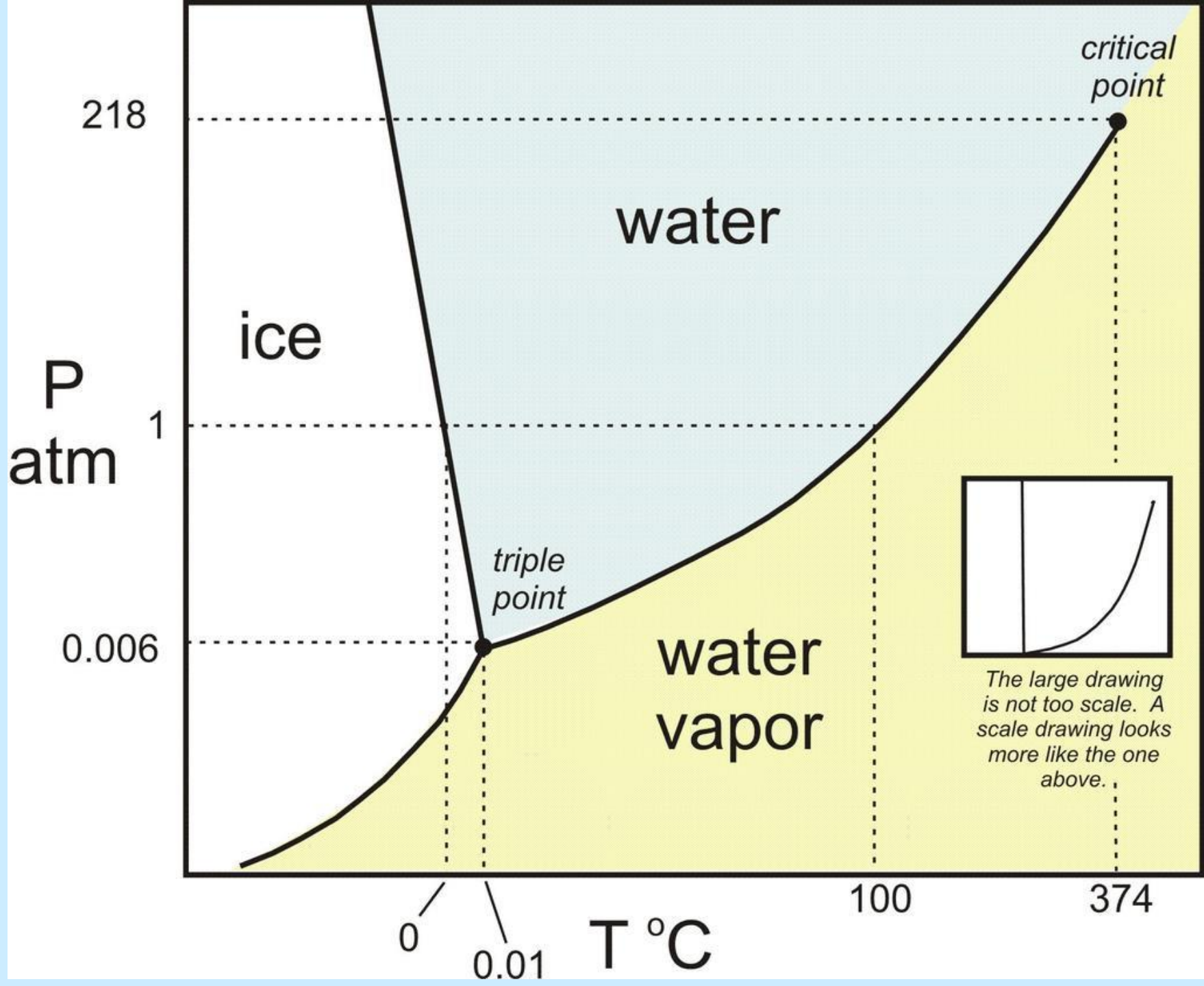


# GLI STATI DELL'ACQUA

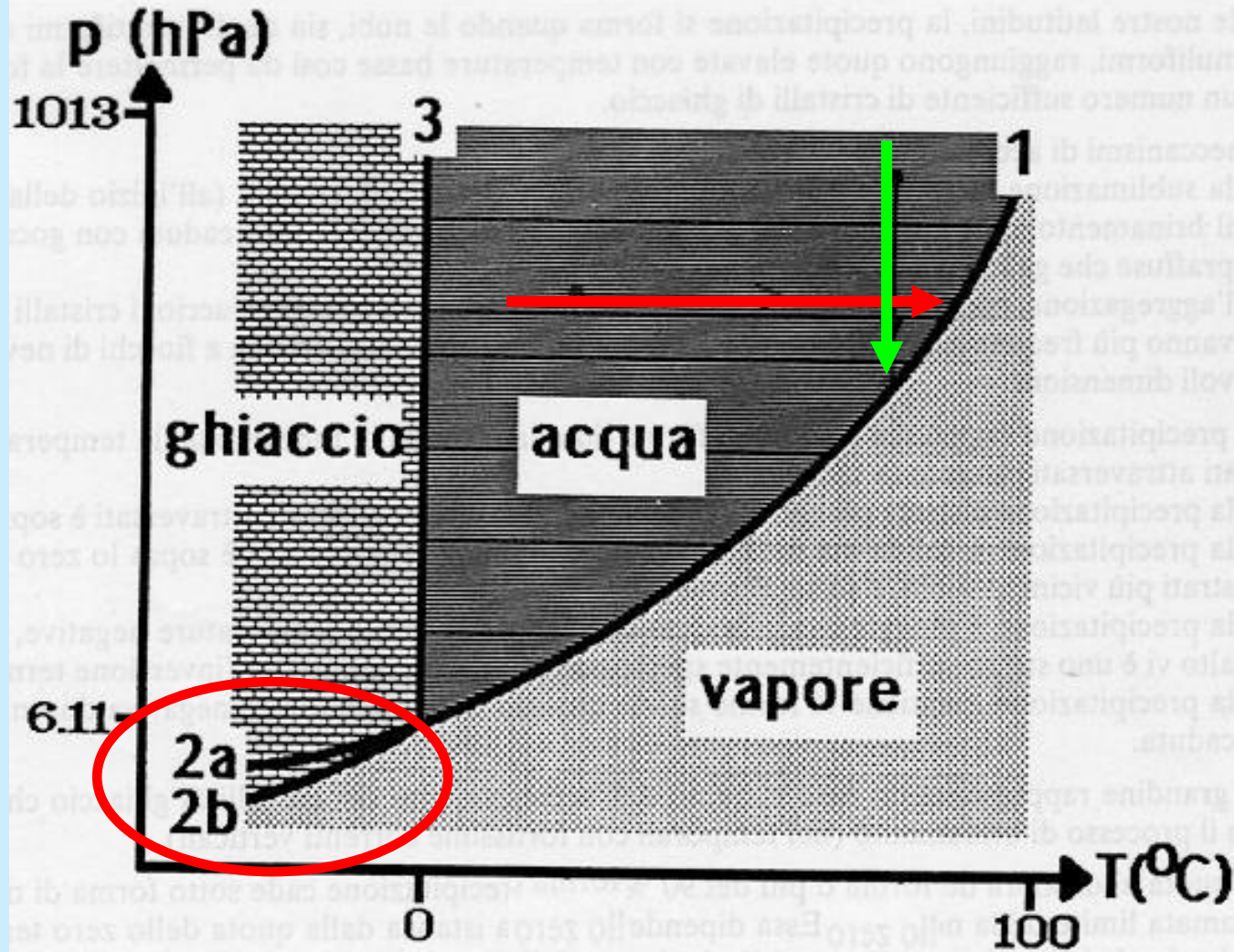
L'acqua è l'unica sostanza che si presenta nell'atmosfera in tutti gli stati possibili: **solido, liquido e gassoso**



Durante i **cambiamenti di stato** vengono liberate grosse quantità di energia



# Diagramma delle fasi dell'acqua



**2a:  $e^*$  sopra una superficie di acqua soprafusa**

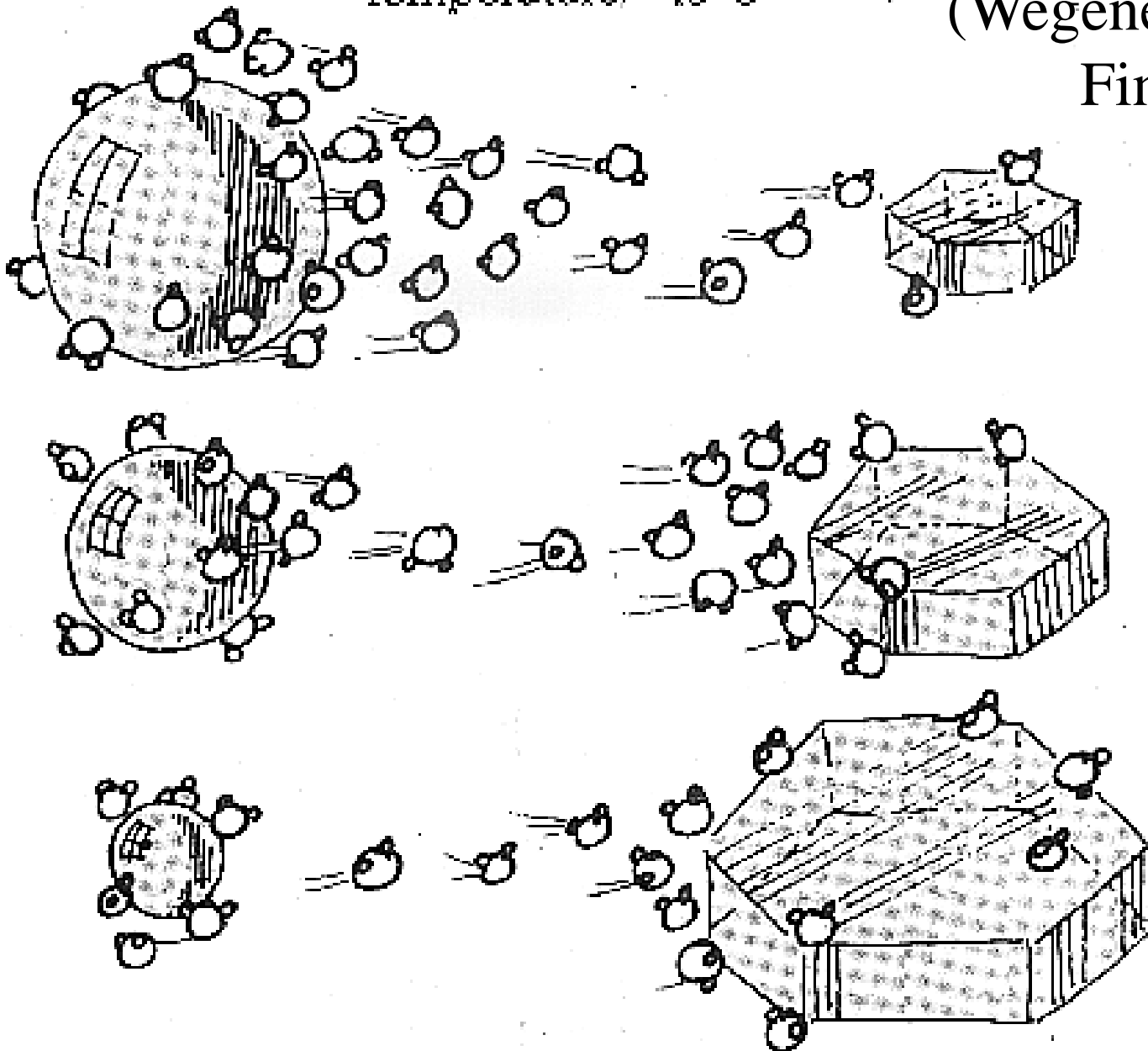
**2b:  $e^*$  sopra una superficie di ghiaccio**

Water droplet

Temperature.  $-15^{\circ}\text{C}$

Ice crystal

(Wegener) Bergeron  
Findeisen



High vapor pressure

Low vapor pressure

# Fall streak hole

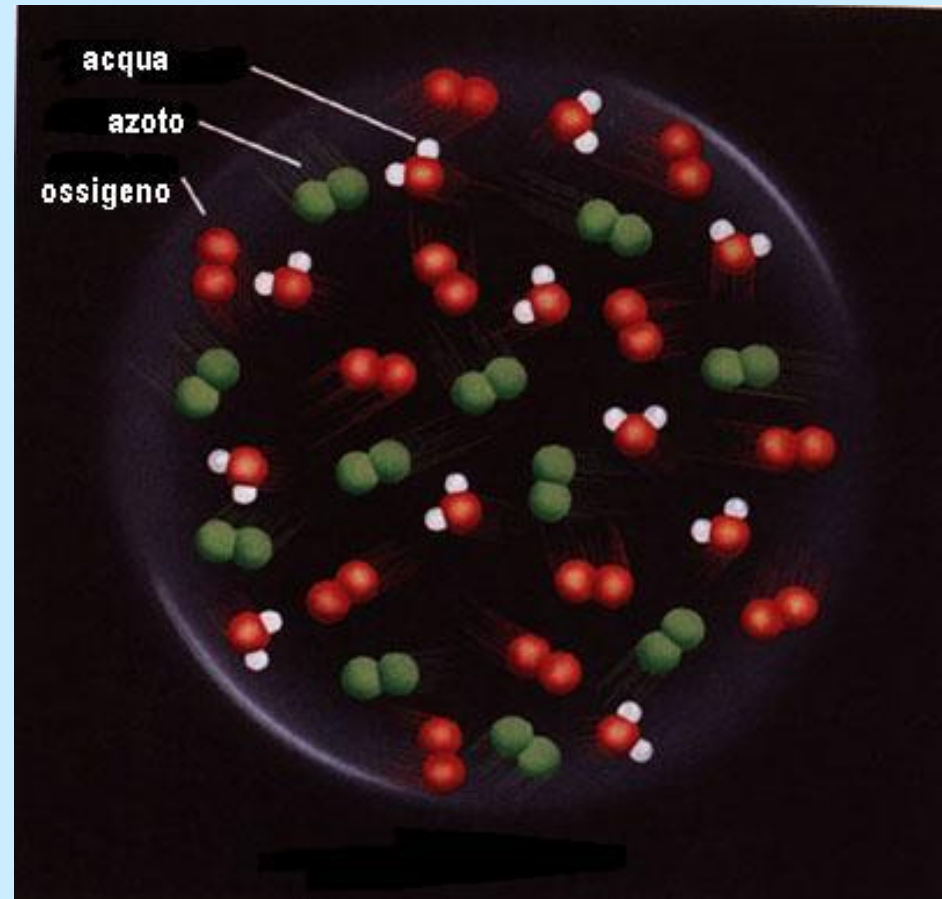


# L'UMIDITA'

Per umidità assoluta si intende la massa di vapore acqueo contenuta in un metro cubo d'aria ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Umidità specifica, rapporto di mescolamento e...

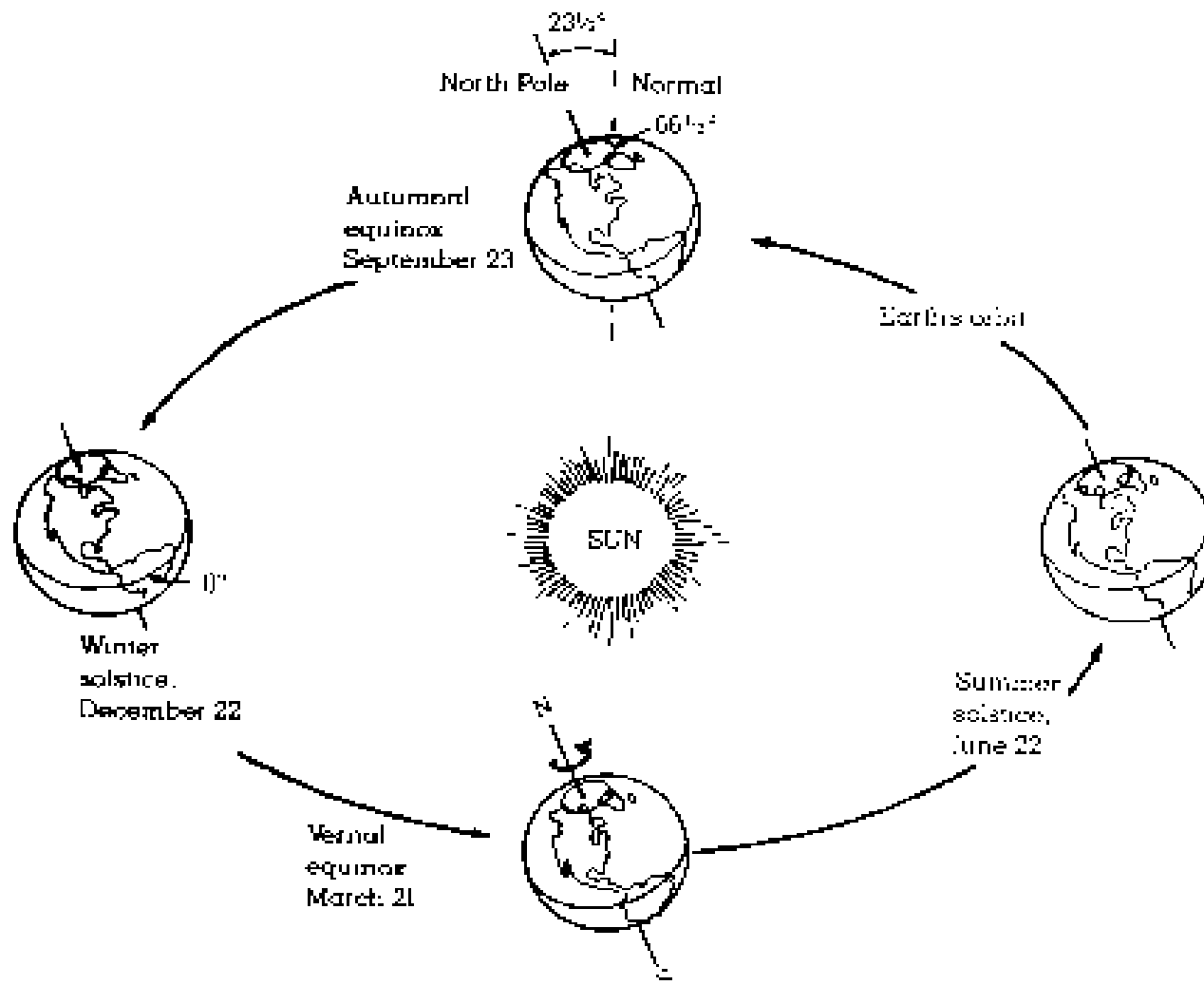
## UMIDITA' RELATIVA



A parità di pressione e volume, ci sono più molecole d'acqua nel deserto a temperatura di  $45^{\circ}\text{C}$  e umidità relativa al 10% o in Siberia a  $-45^{\circ}\text{C}$  e 90% di umidità?

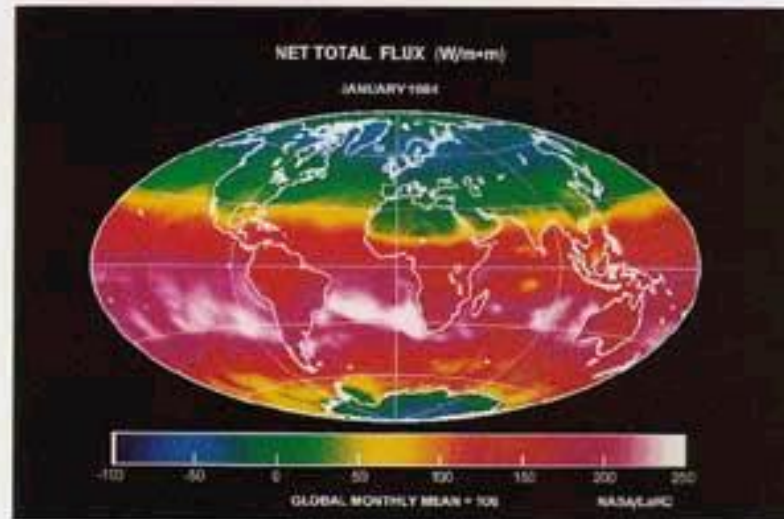
Perché il cielo è blu e il tramonto rosso?



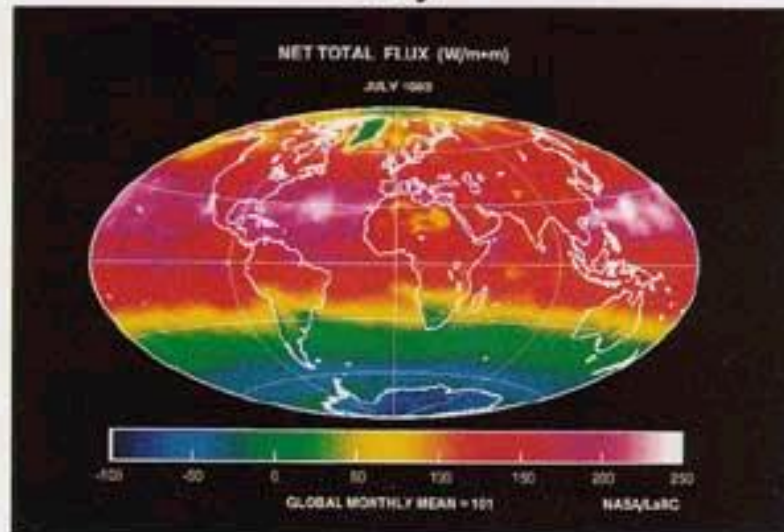


Moto di rivoluzione terrestre e stagioni

# January



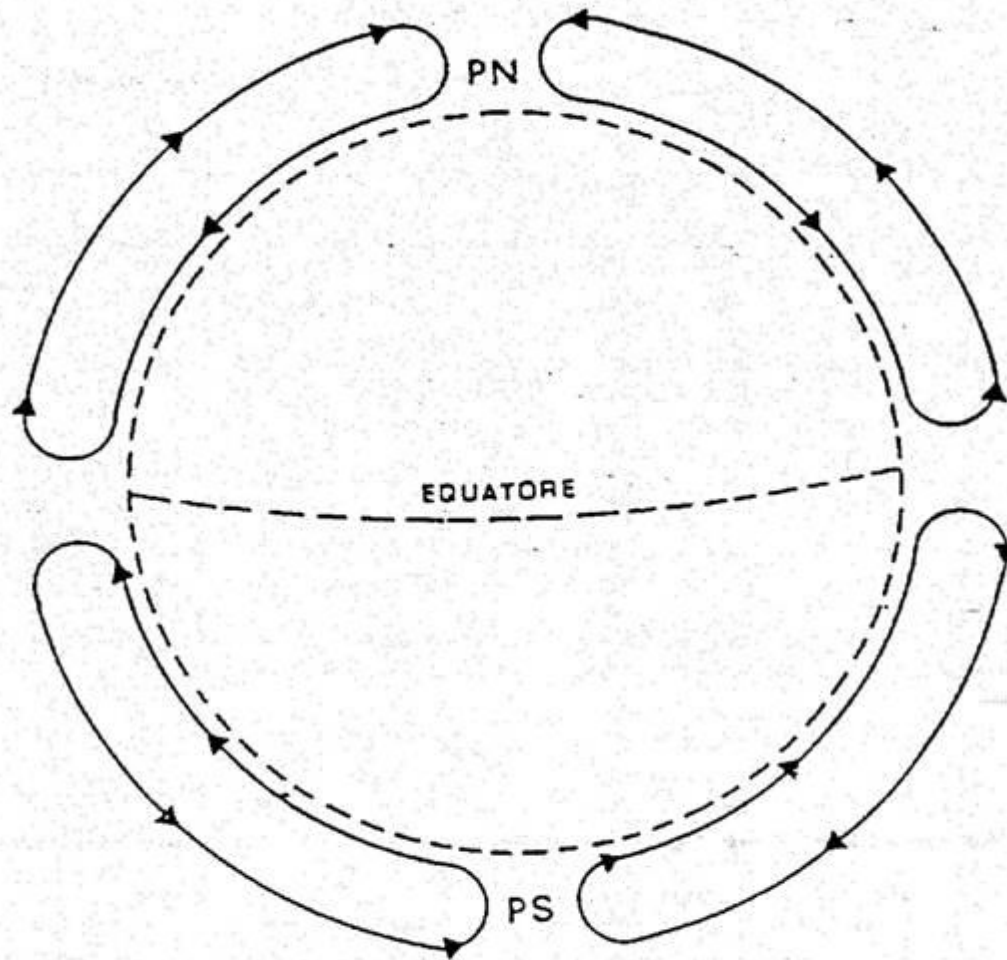
# July



# L'aria calda va in alto

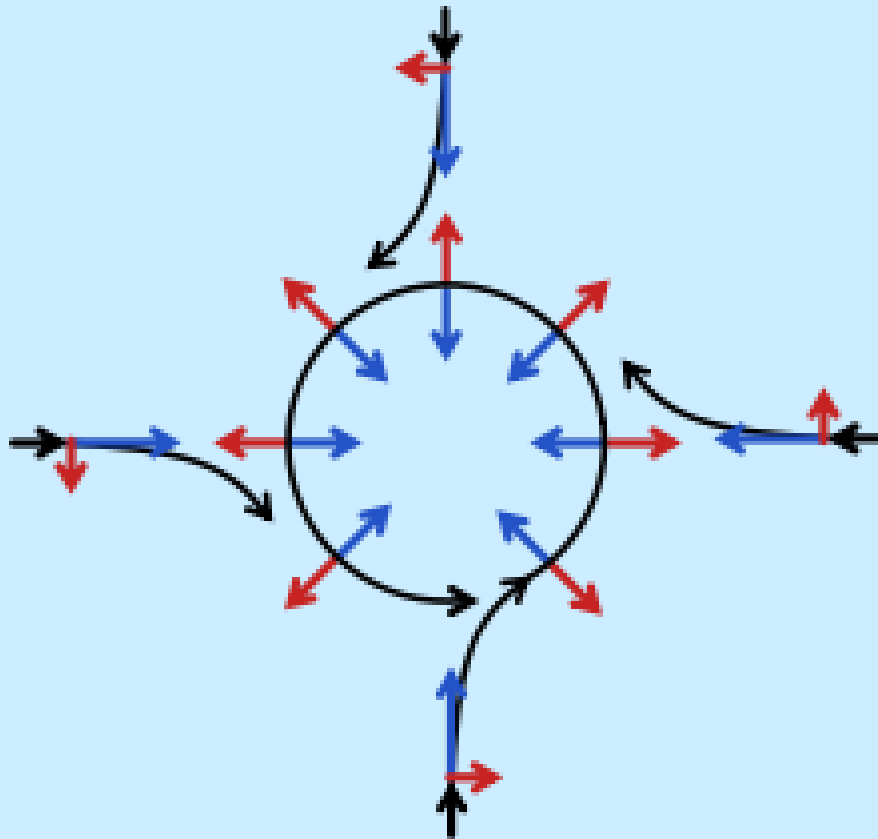
- Se in alto è più freddo e per il principio di Archimede



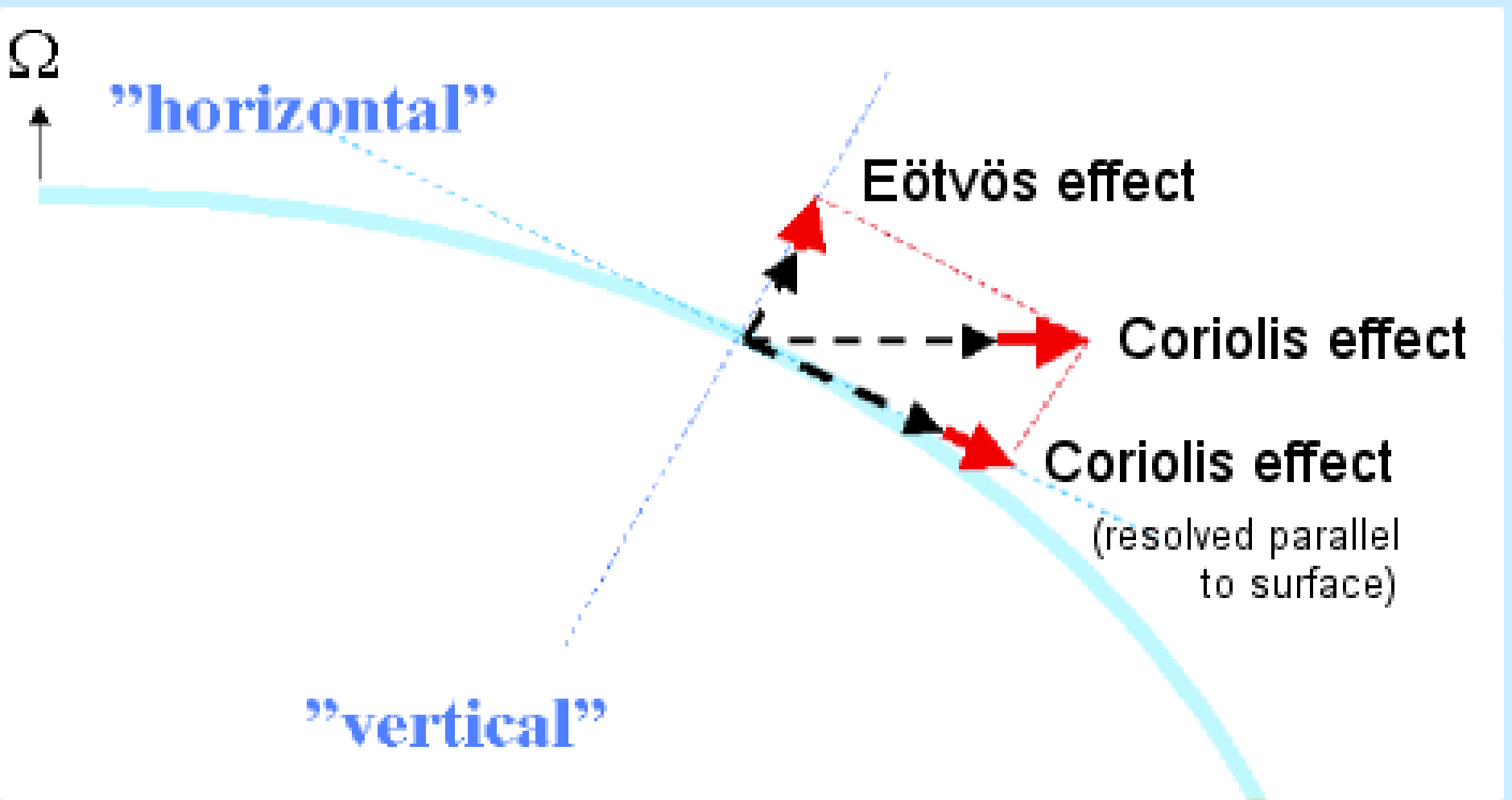


Circolazione in atmosfera secondo Hadley

# Coriolis

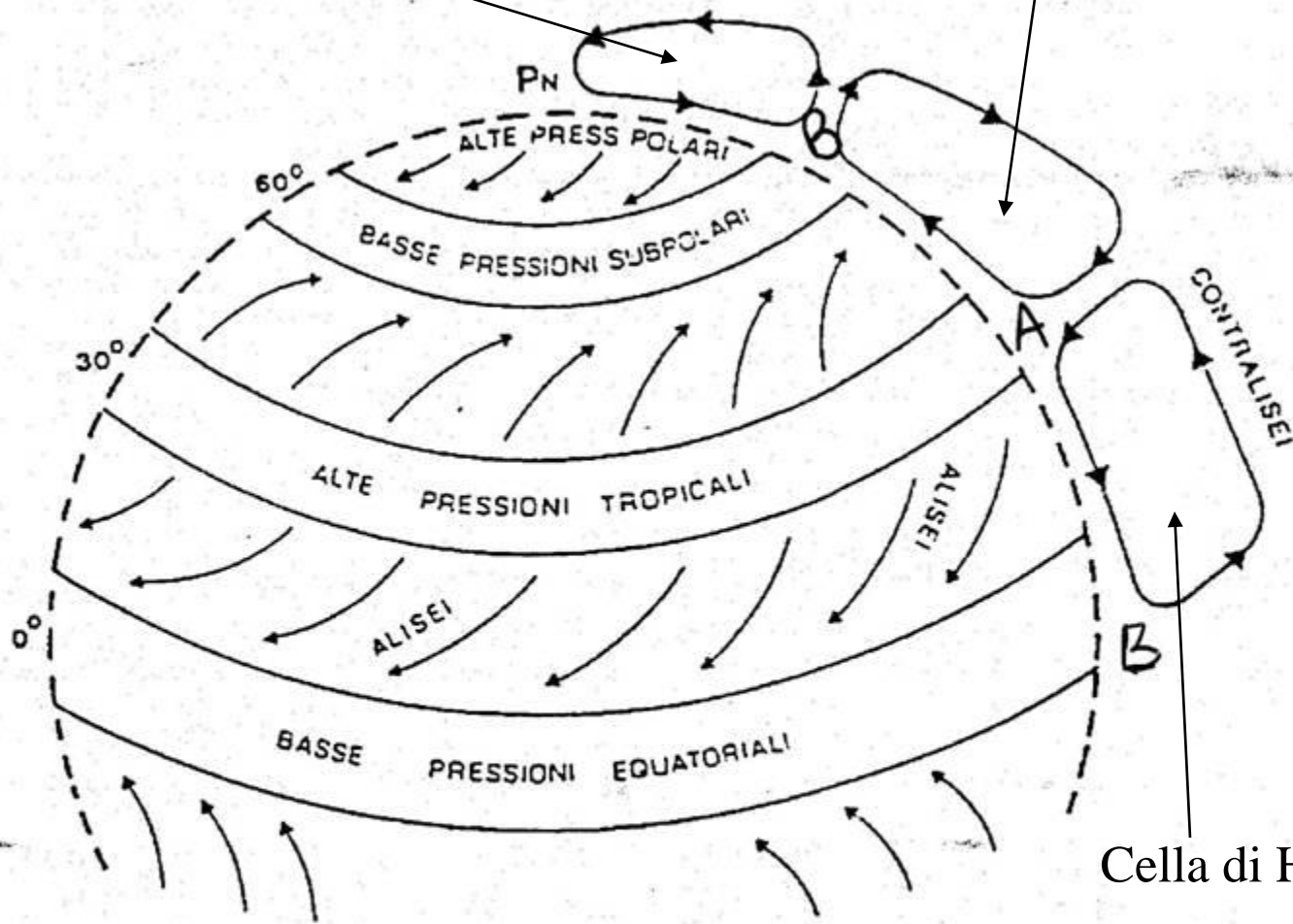


# Eötvös

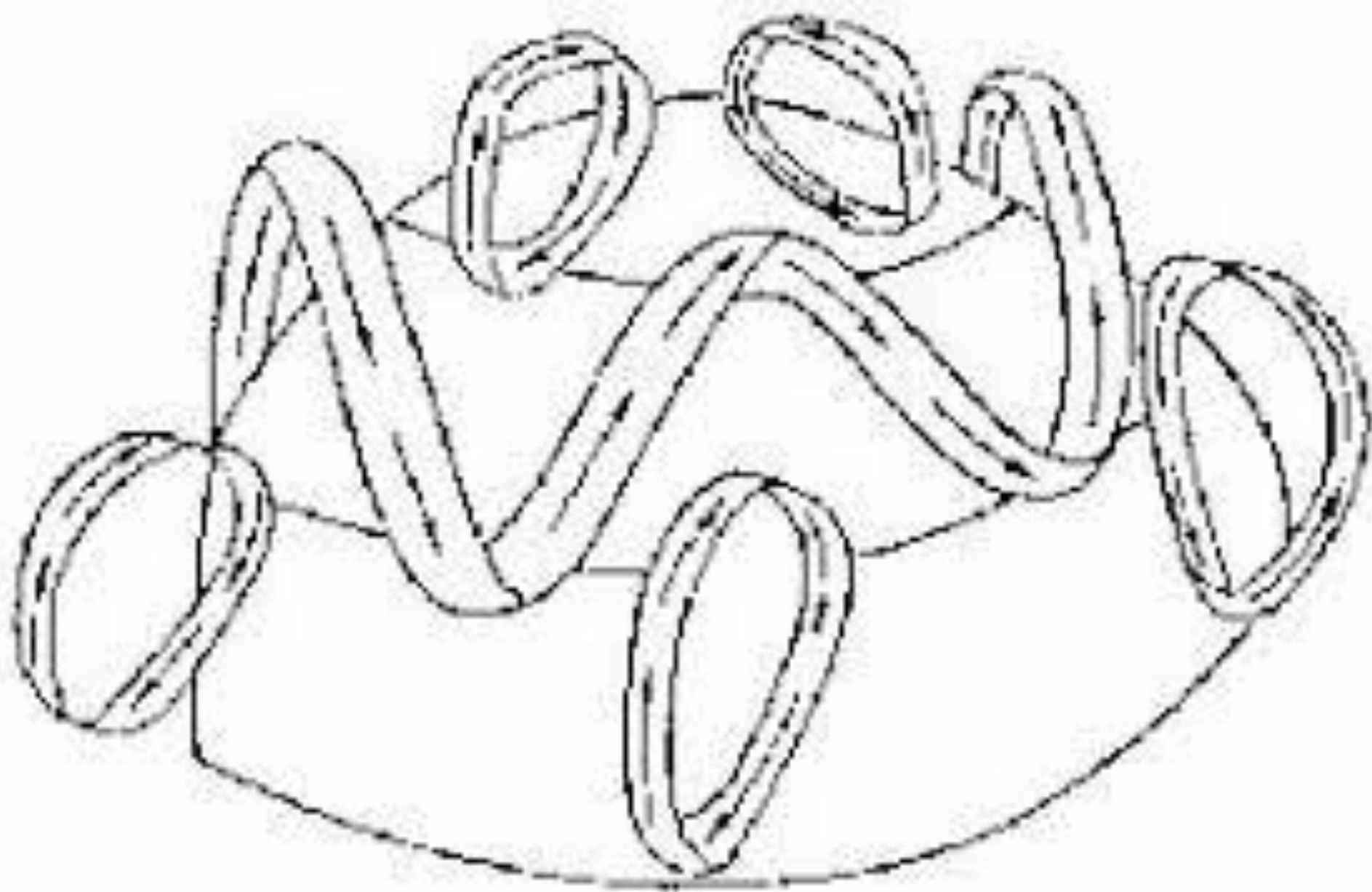


Cella polare

Cella di Ferrel

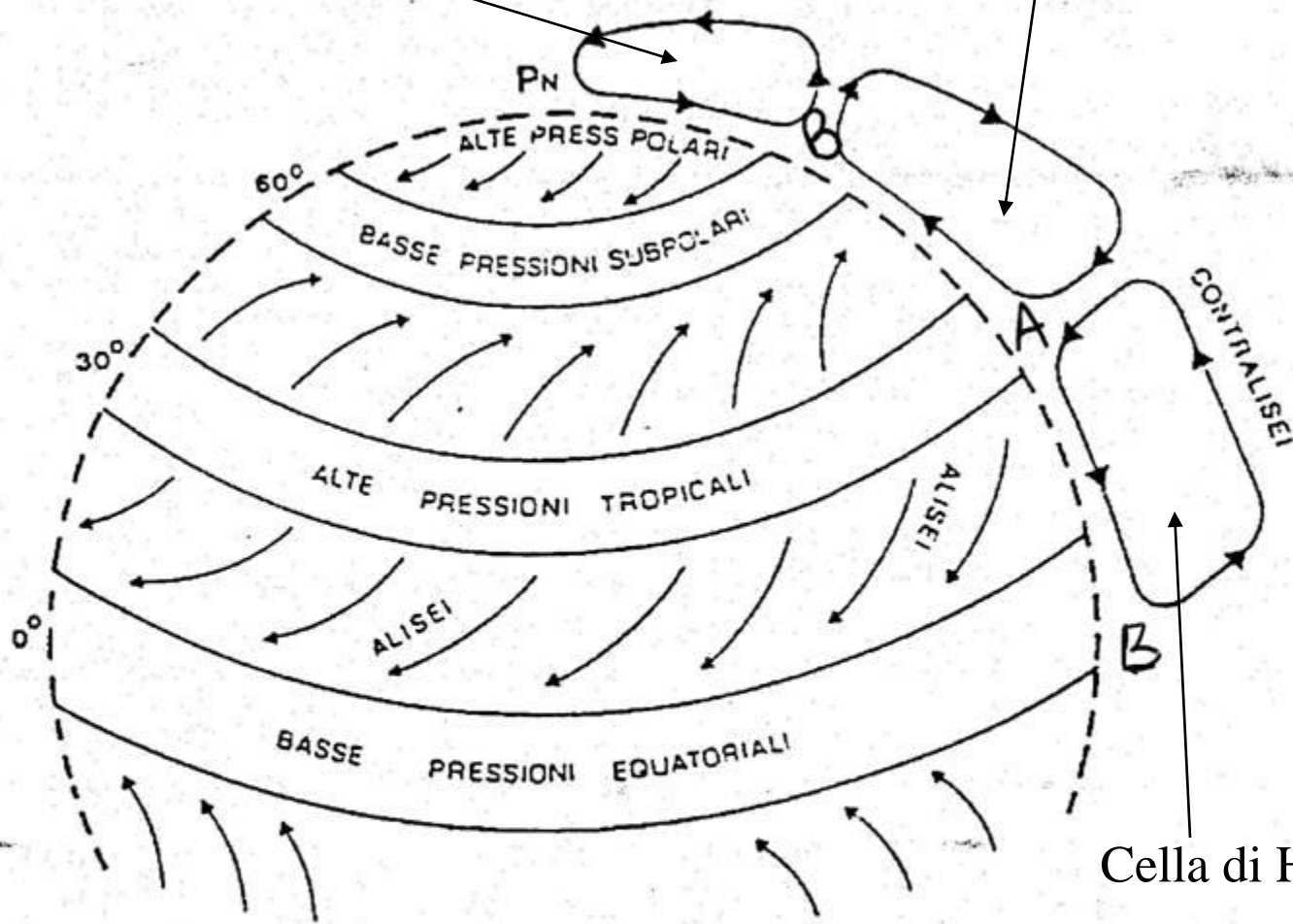


Cella di Hadley



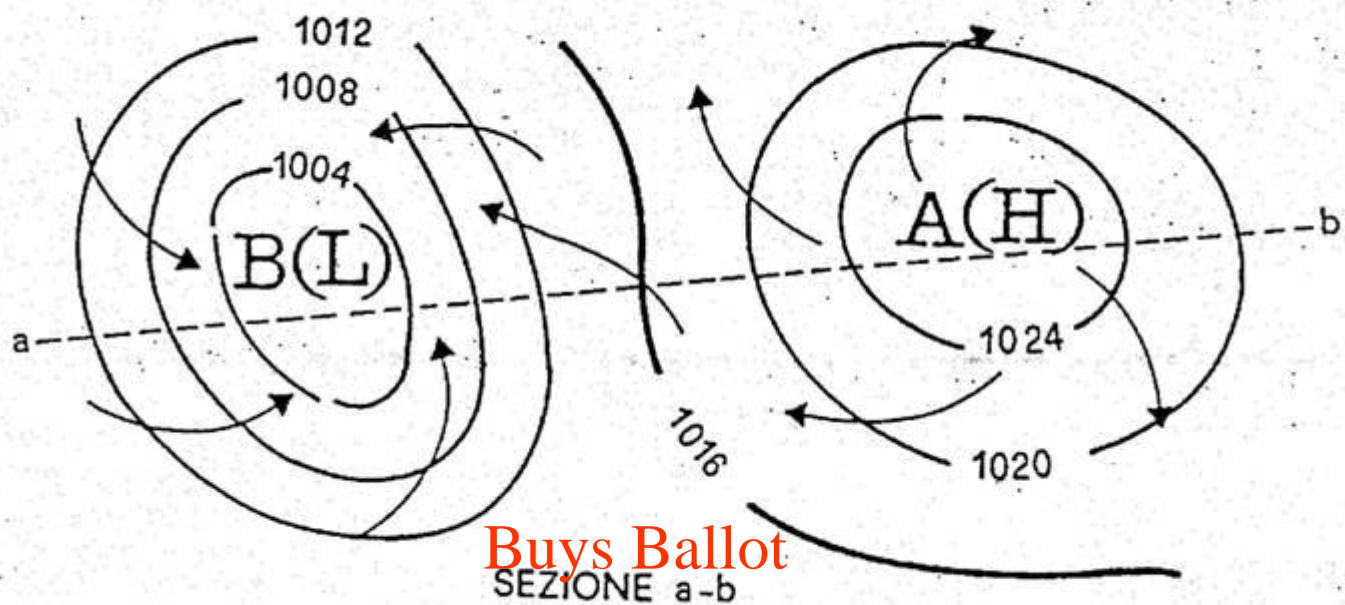
Cella polare

Cella di Ferrel

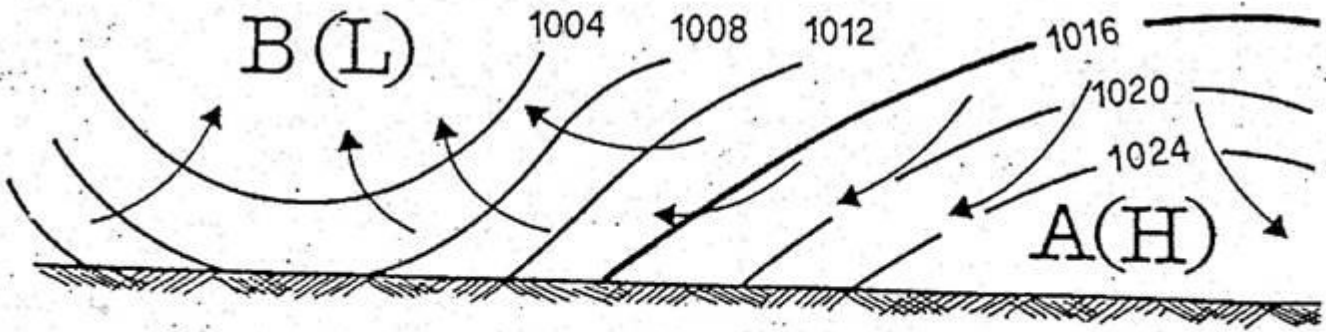


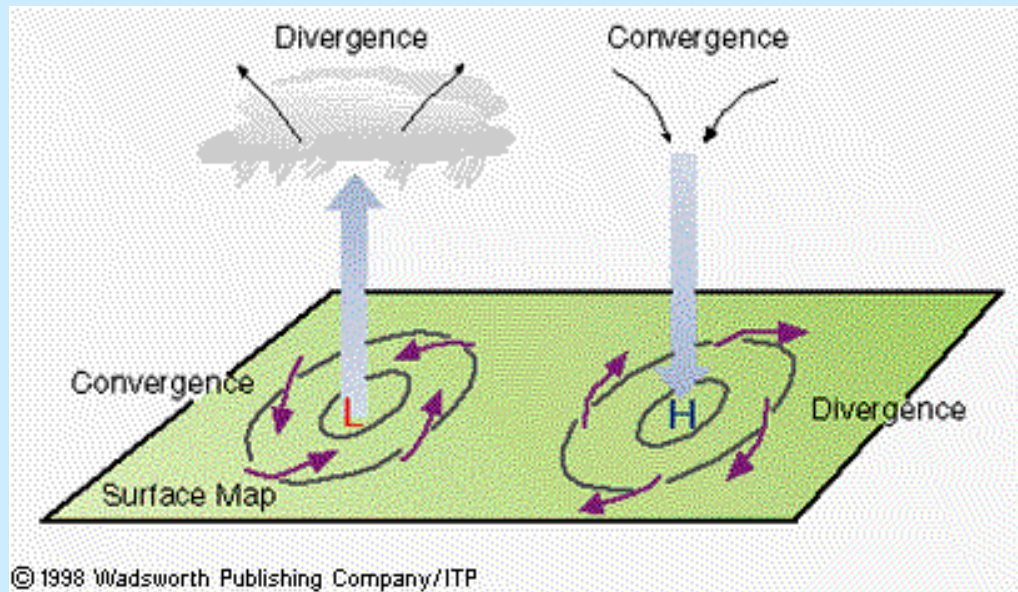
Cella di Hadley

VEDUTA IN PLANIMETRIA

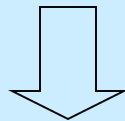


Buys Ballot  
SEZIONE a-b

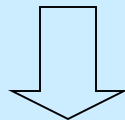




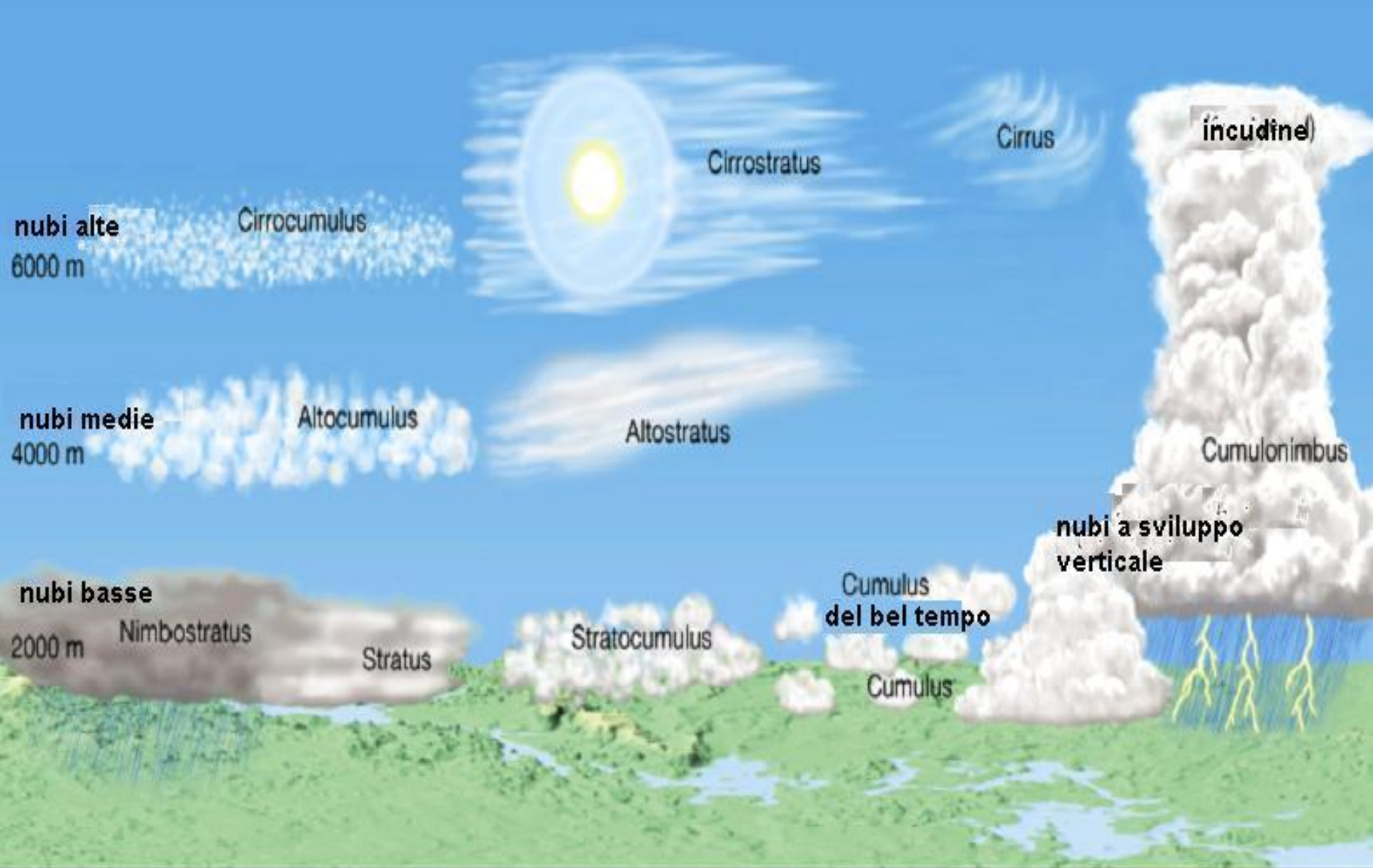
Al centro del minimo al suolo **CONVERGENZA**



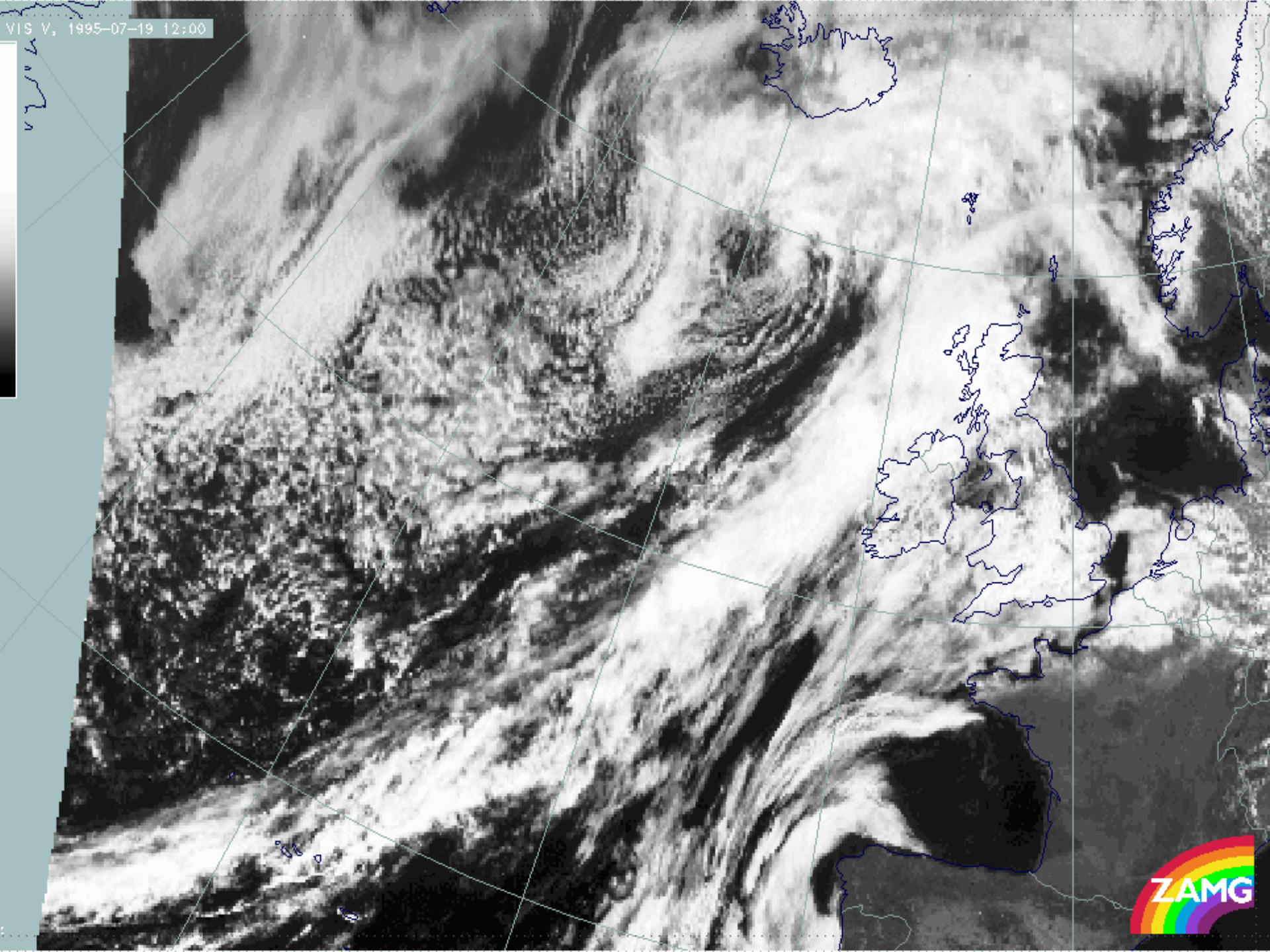
**DIVERGENZA** in quota



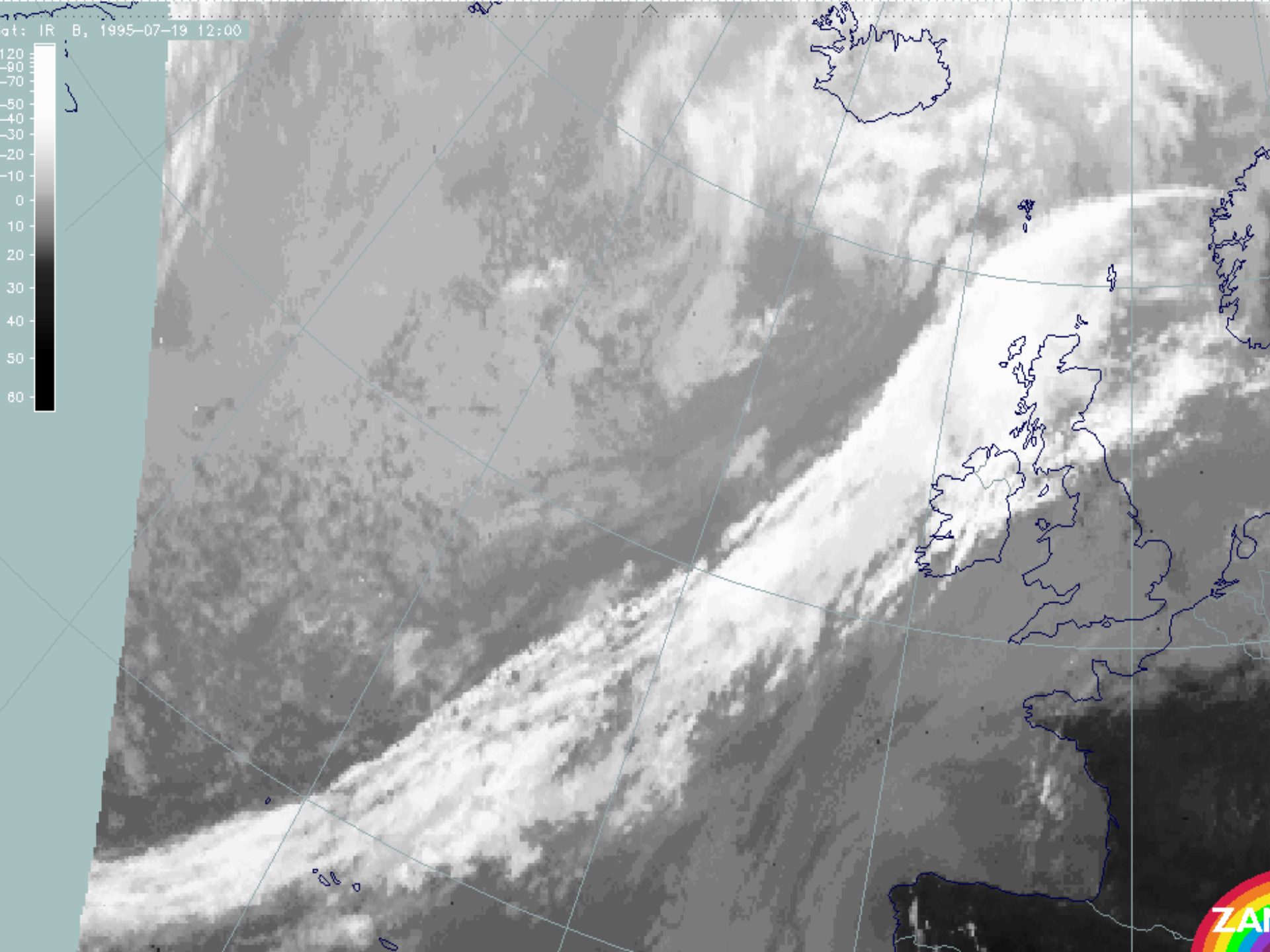
**MOTI VERTICALI**



VIS V, 1995-07-19 12:00



at: IR B, 1995-07-19 12:00



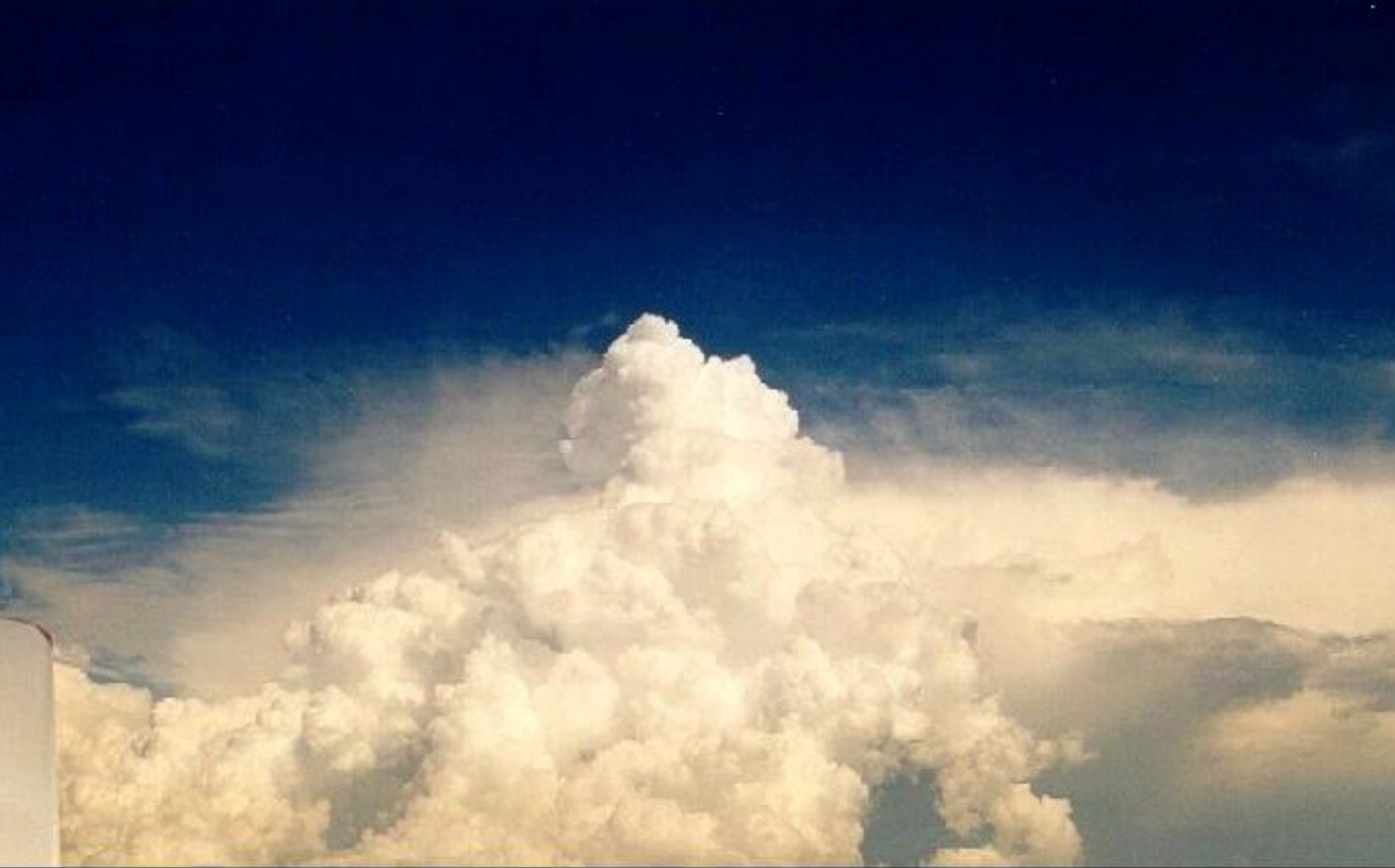
# Nubi particolari

- Nebbie da avvezione o irraggiamento
- Nubi lenticolari

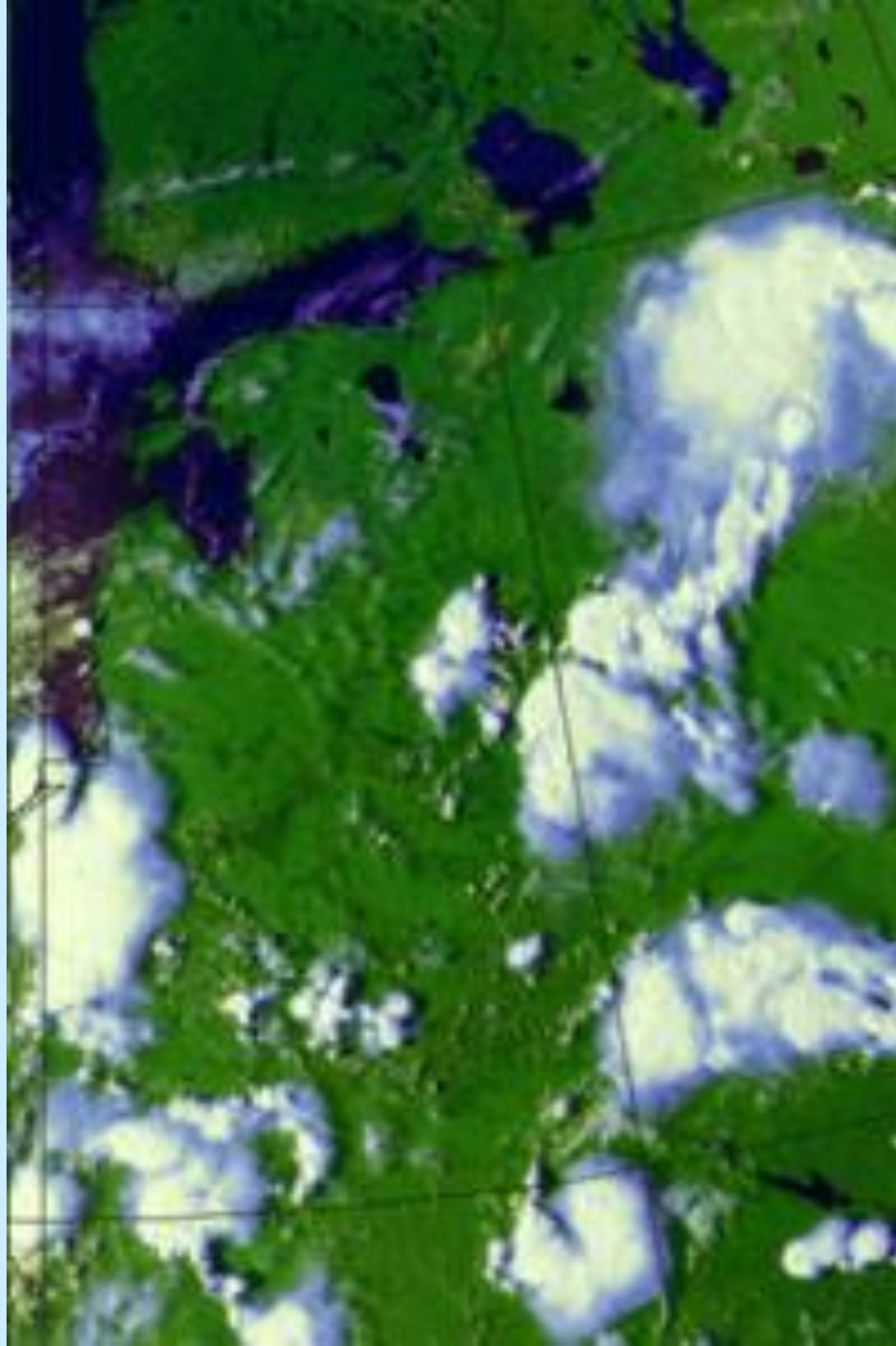




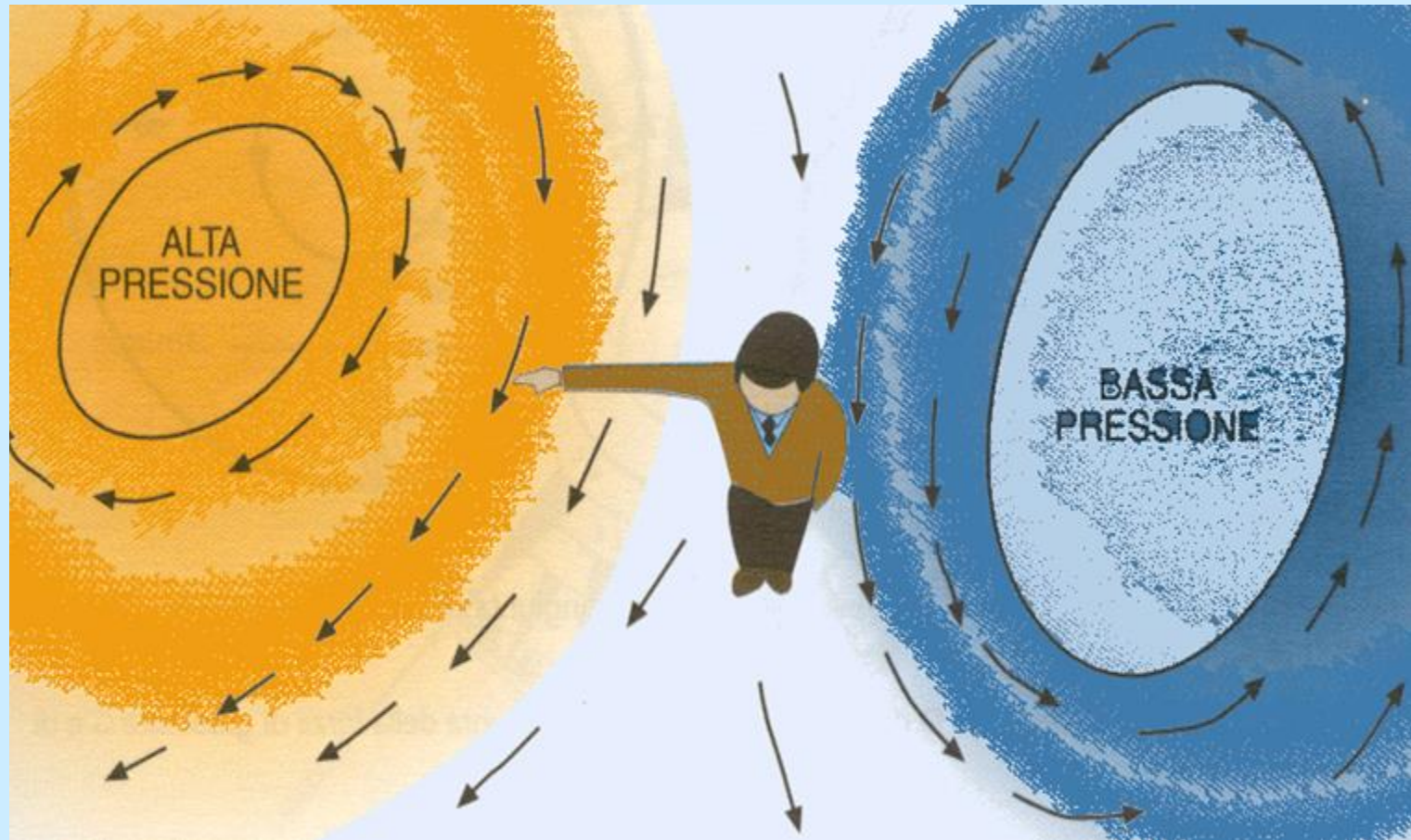




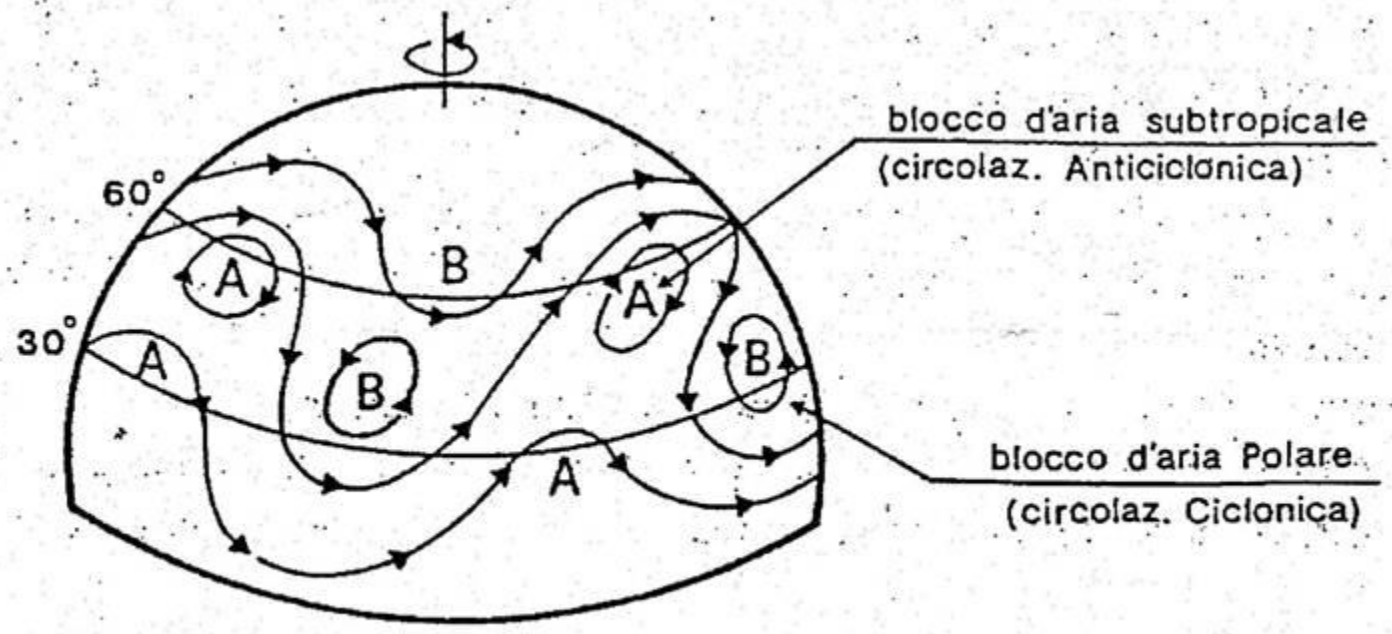
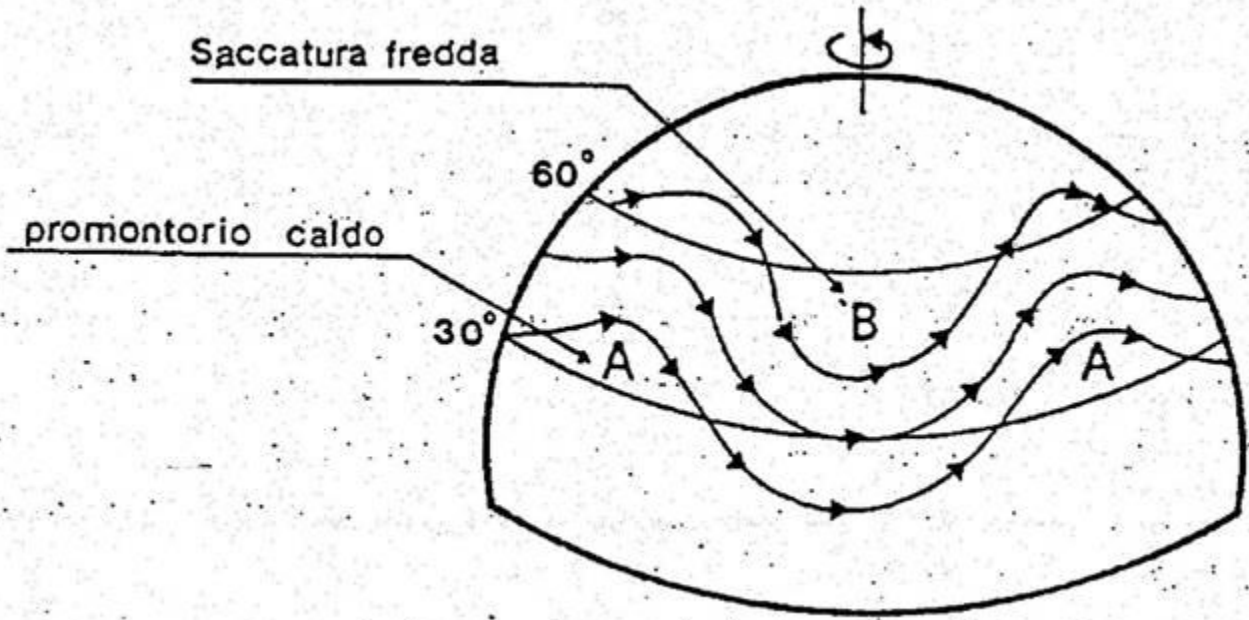
NOAA 124



# Regola di Buys-Ballot



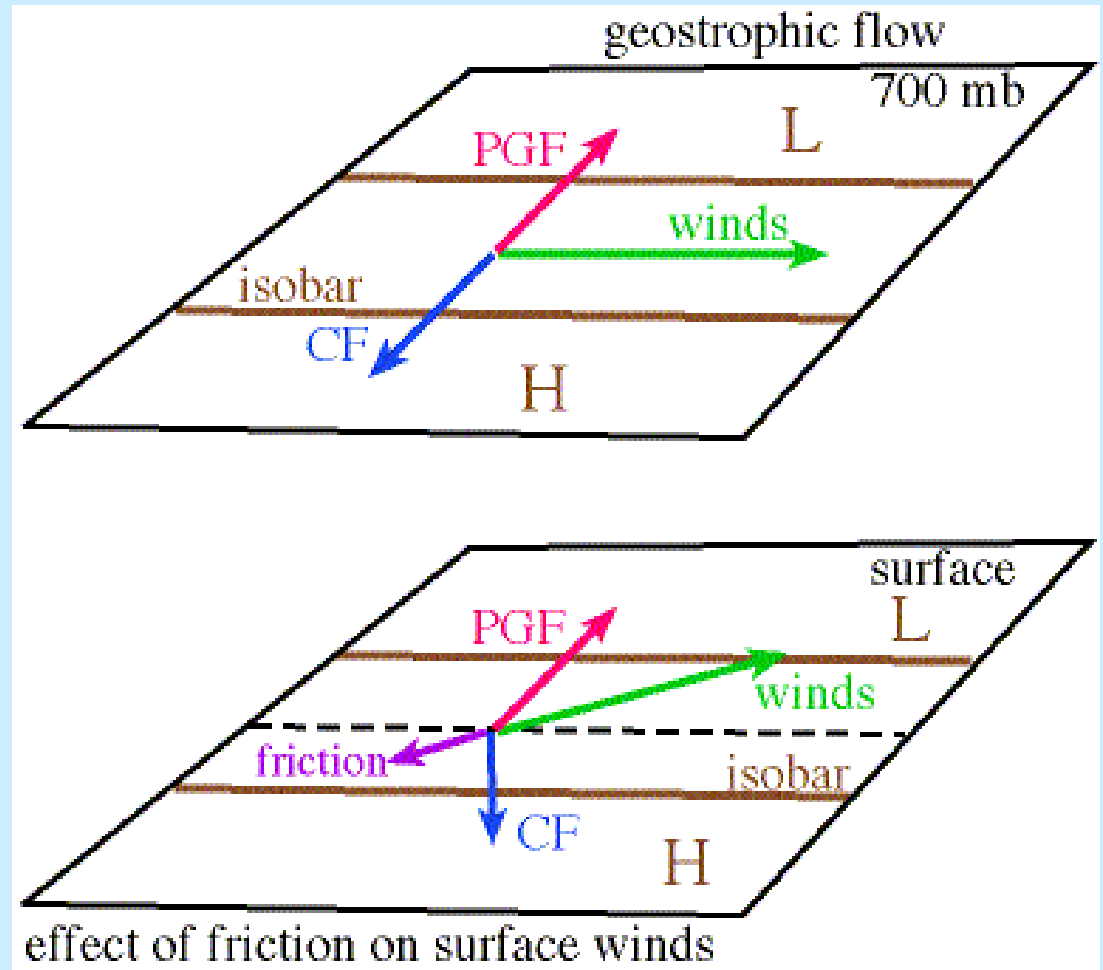
**Nell'emisfero Nord spalle al vento la depressione B si trova sempre a Sinistra (un po' avanti, a causa Forza di attrito!)**



# Effetto dell'attrito Fa

- \* si manifesta vicino al suolo (PBL)
- \* tende ad opporsi al moto
- \* il vento interseca le isobare

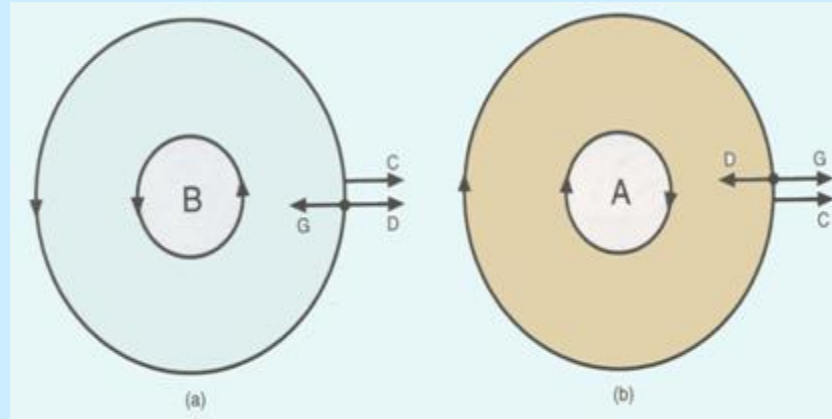
Ma se le isobare sono curvilinee..



# Circolazione ciclonica e anticlonica

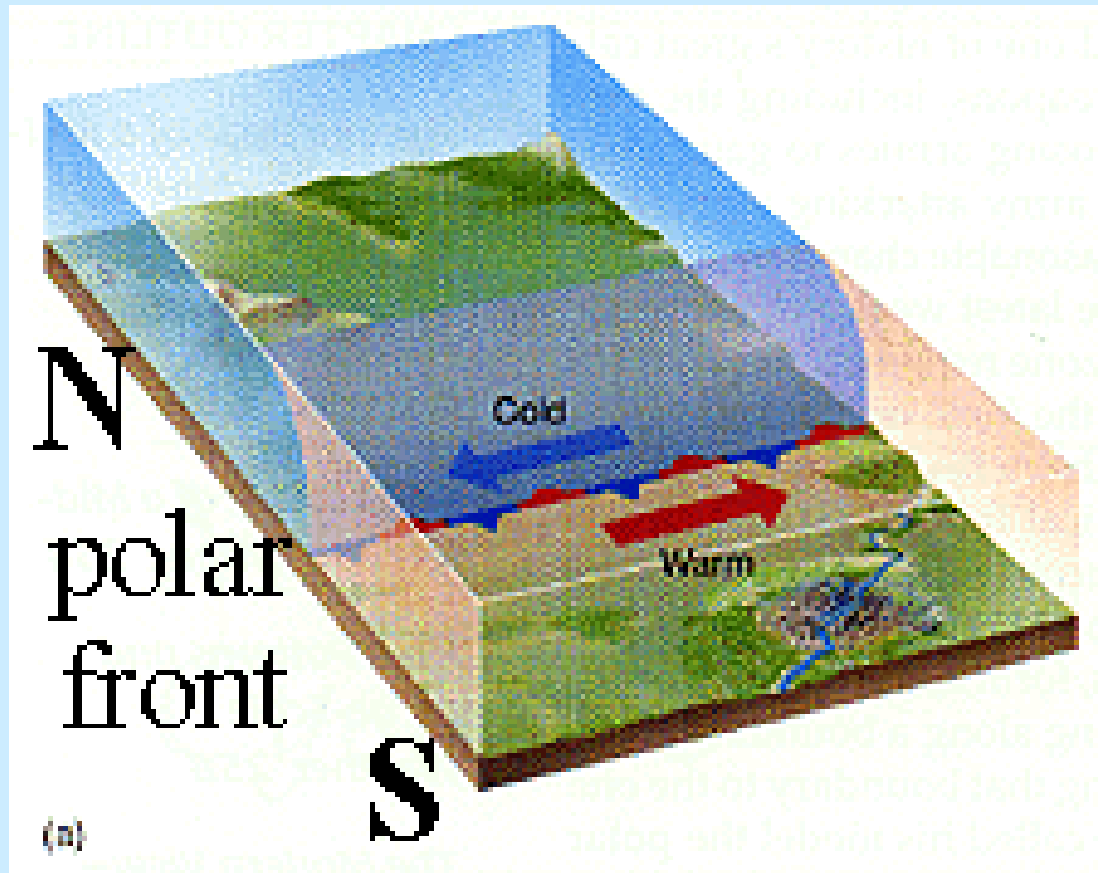
**ALCUNE**

**CONSIDERAZIONI:**

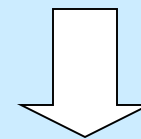


- *Isobare curvilinee= esiste una forza centrifuga;*
- *nelle BASSE esiste la forza **centrifuga 'C'** dal centro verso periferia contrapposta alla **Forza gradiente G** ( $F_{grad} = F_{deviante} - F_{centrifuga}$ )*
- *Negli anticloni la forza motrice viene aumentata di una quantità pari a quella a quella **centrifuga** poiché  $F_{grad} = F_{deviante} + F_{centrifuga}$*
- *Vento risulta maggiore nelle isobare a curvatura anticiclonica. Tuttavia spesso gli anticloni hanno isobare a  $a >$  distanza mentre cicloni le hanno + ravvicinate.*

L'onda ciclonica si sviluppa lungo il fronte polare

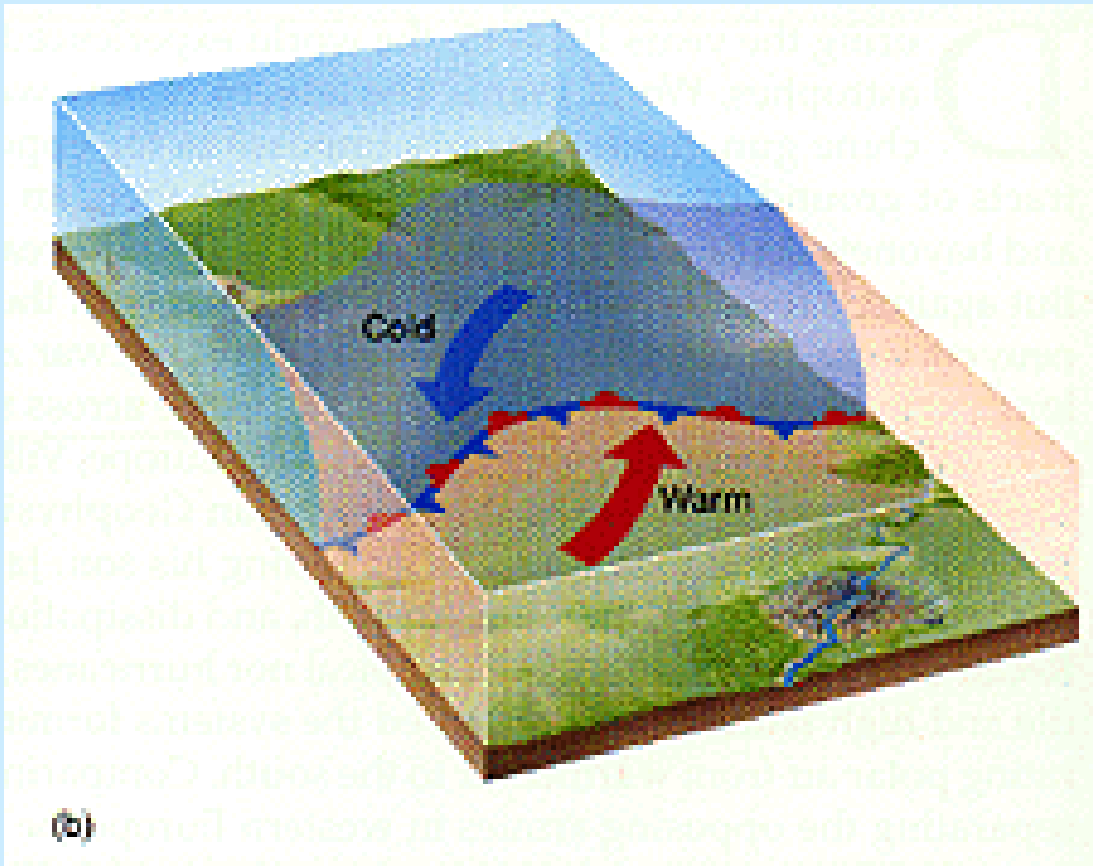


Gradiente di  
temperatura



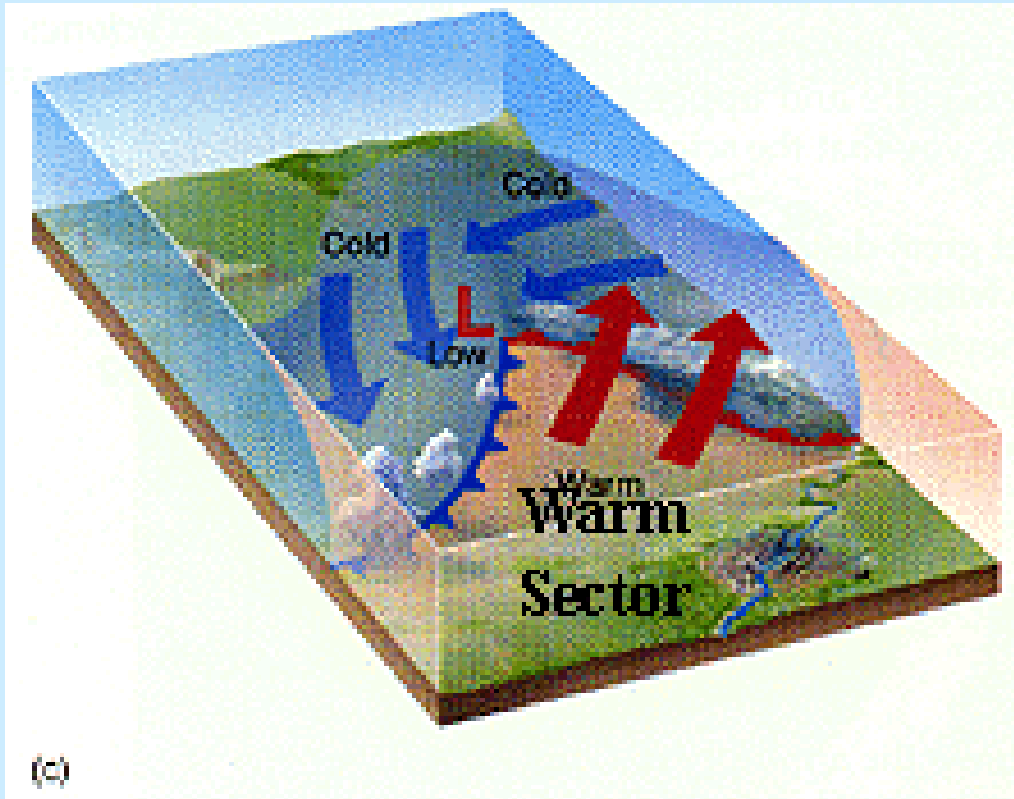
Energia potenziale

Un'increspatura si origina nel fronte polare e sarà all'origine della formazione del nuovo ciclone



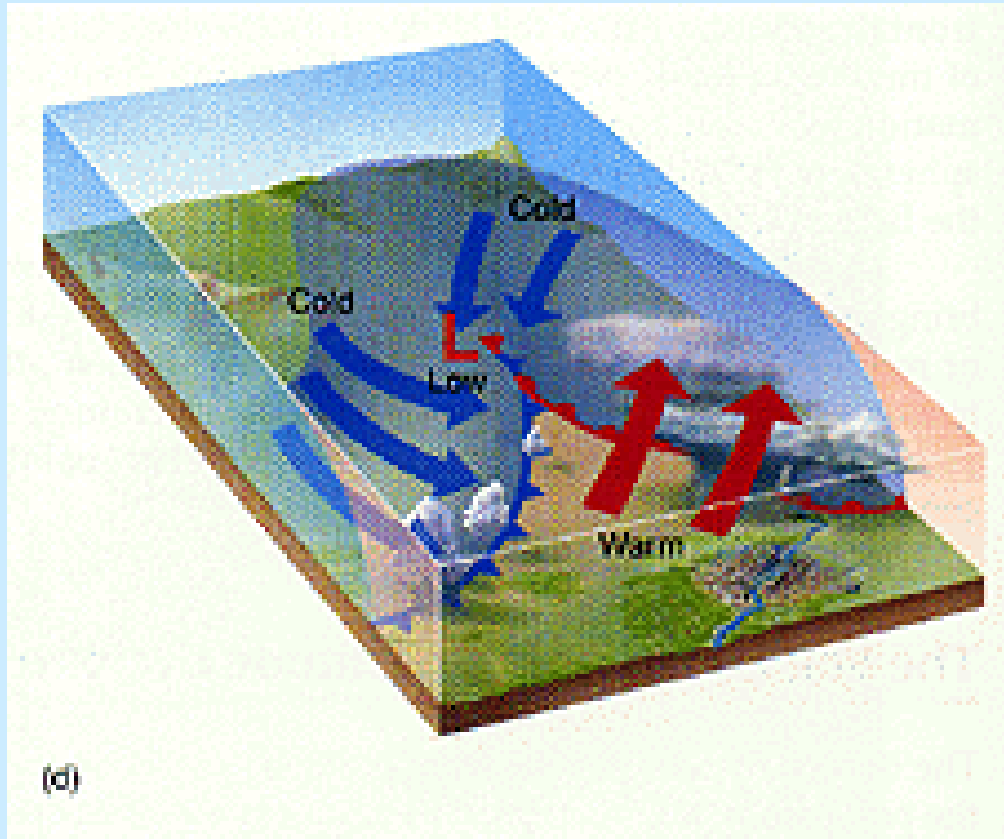
\* interazione tra una saccatura in quota e la zona frontale alla superficie

Nel giro di 24 - 36 ore si  
forma un'onda ciclonica



- \* fronte caldo
- \* fronte freddo
- \* settore caldo
- \* un minimo depressionario
- \* precipitazioni diffuse davanti al fronte caldo
- \* sottile fascia di precipitazioni lungo il fronte freddo
- \* venti in aumento
- \* energia disponibile per il rilascio di calore latente

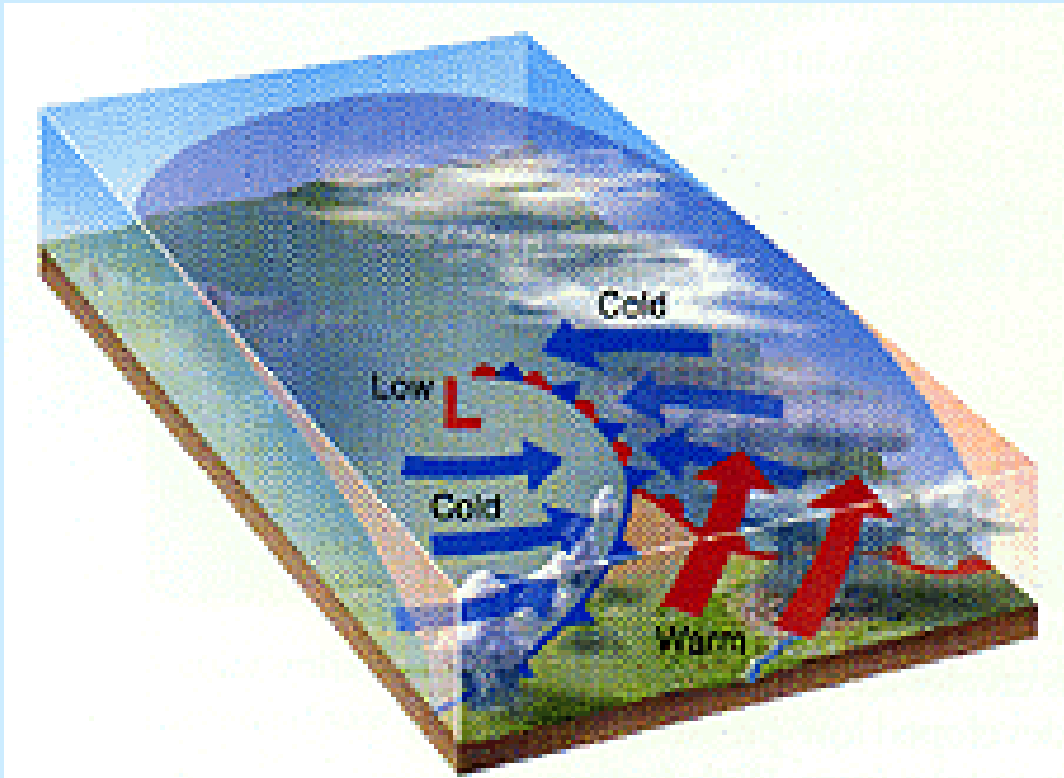
Il sistema si muove verso est e comincia la fase di occlusione



\* il ciclone è nella sua fase più intensa

\* un fronte occluso si estende a partire dal minimo

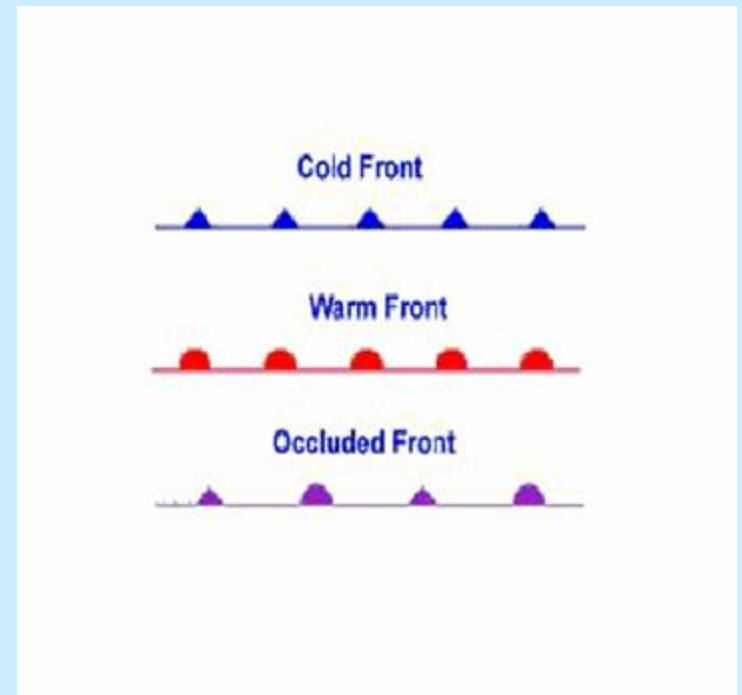
Il settore caldo diminuisce le sue dimensioni e cresce l'occlusione



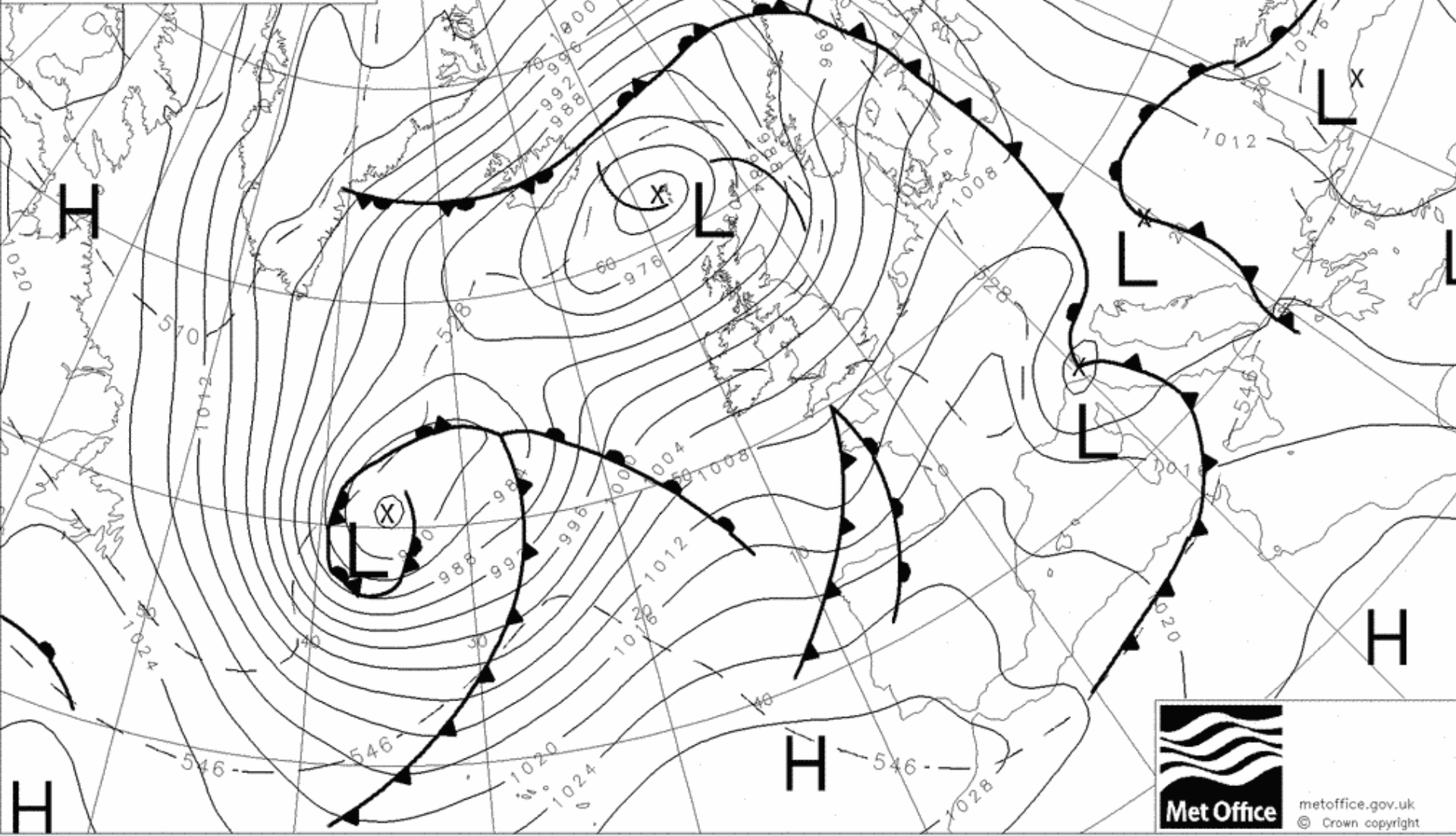
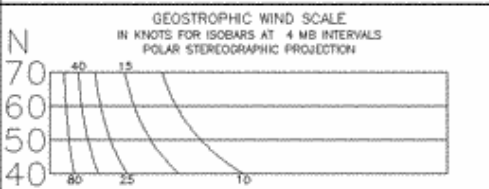
- \* tutta l'energia potenziale disponibile è stata utilizzata
- \* l'energia cinetica si è dissipata in turbolenza
- \* la formazione di nubi e precipitazioni è meno attiva
- \* il settore caldo è scalzato dall'aria fredda in arrivo
- \* l'aria fredda al suolo ristabilisce condizioni di stabilità

# I fronti atmosferici

- Zone di transizione tra due diverse masse d'aria che si distinguono per:
  - densità
  - temperatura
  - umidità
- fronte freddo
- fronte caldo
- fronte occluso



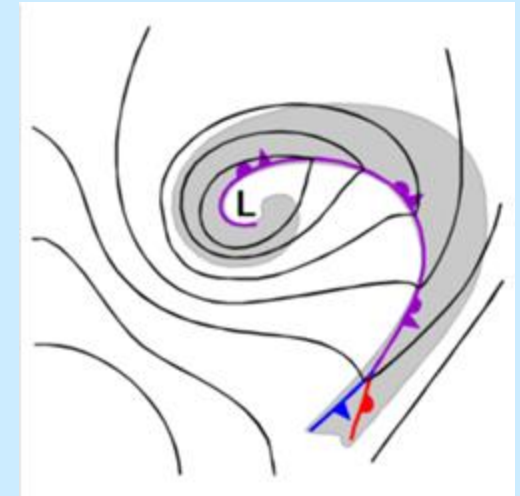
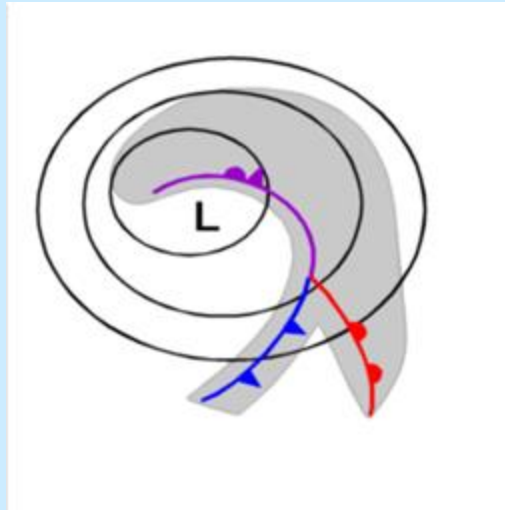
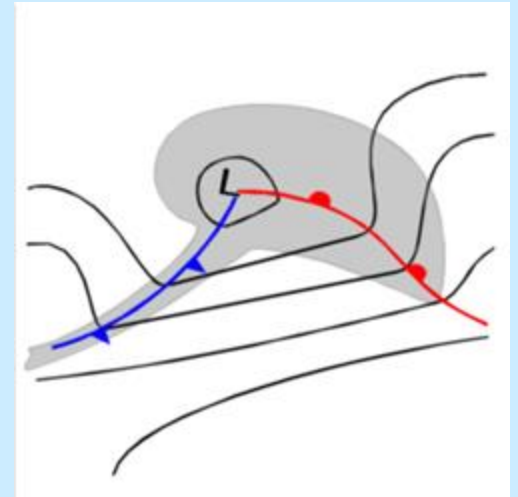
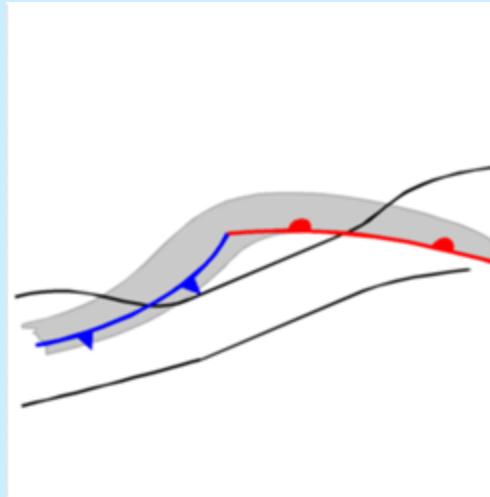
72 hour MSLP & THICKNESS  
Valid 00 UTC SAT 22 FEB 2014



# Fronte occluso

il fronte freddo si muove più velocemente di quello caldo

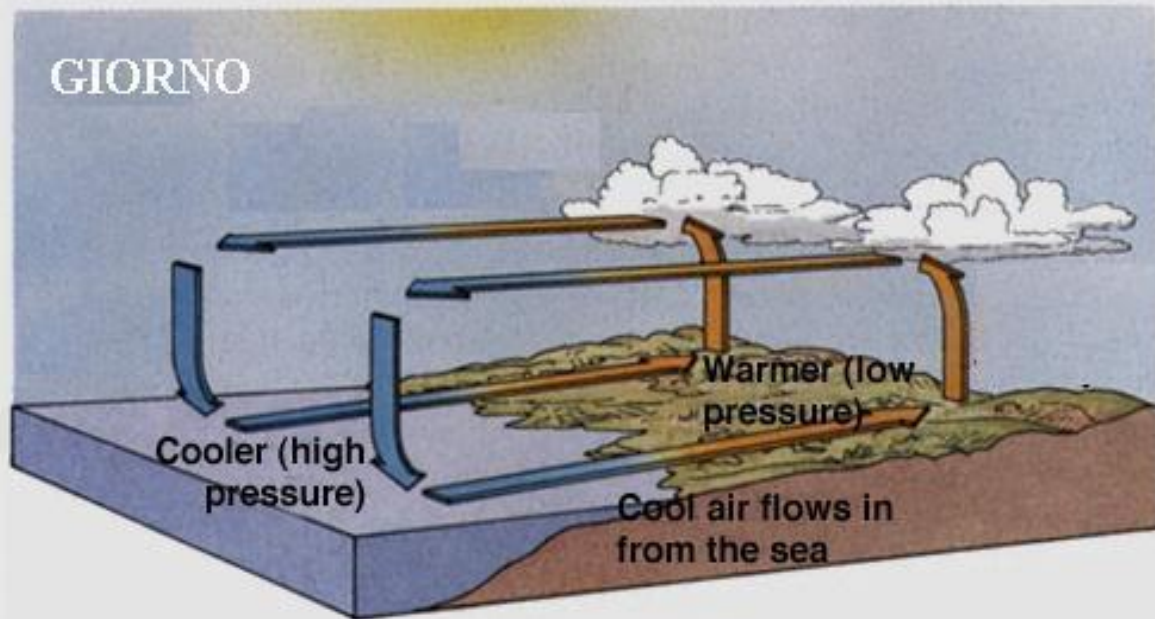
- occlusione fredda
- occlusione calda



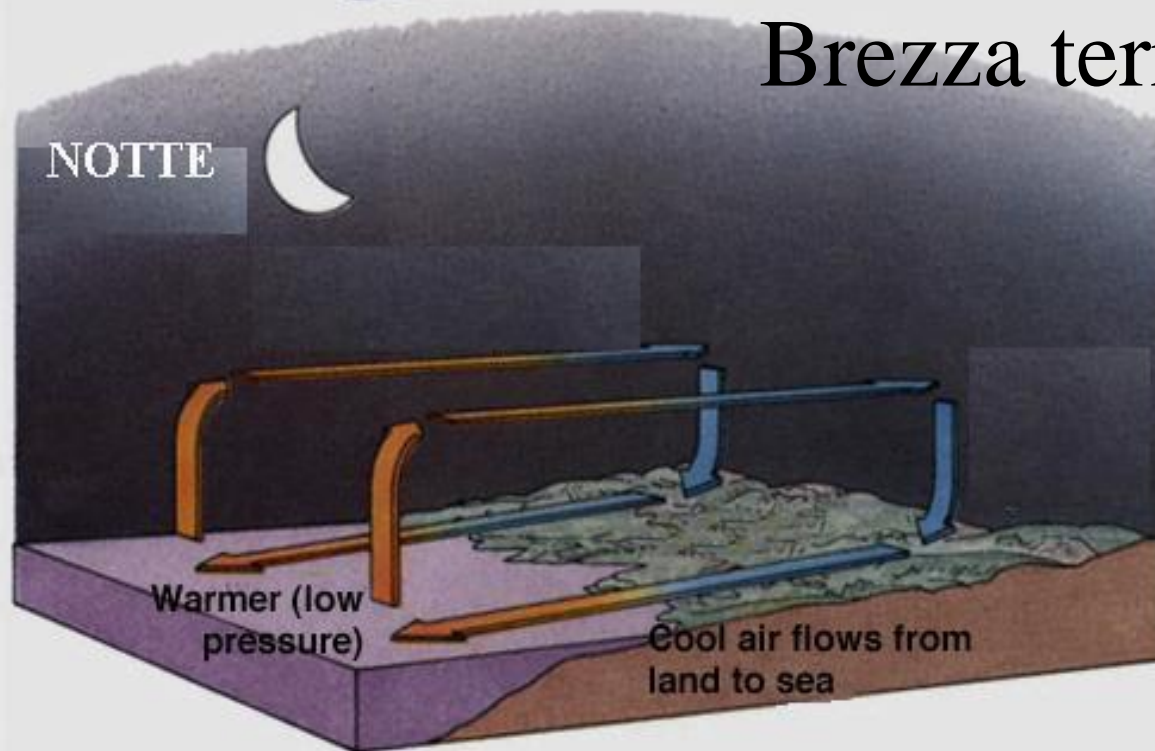
FRONTE FREDDO	prima del fronte	durante il passaggio	dopo il fronte
Vento	S / SW	Raffiche, in rotazione	W - NW
Temperatura	“elevata”	Improvviso calo	Regolare diminuzione
Pressione	diminuzione	Raggiunge il minimo, poi aumenta rapidamente	In ripresa
Nubi	In aumento Ci, Cs, Cb	Cb	Cu
Precipitazione	Primi brevi rovesci	Pioggia intensa, temporali talvolta con grandine	Rovesci e successive schiarite
Visibilità	Inizialmente buona, in peggioramento	Scarsa, in miglioramento	Ottima
Punto di rugiada	Elevato, stazionario	Brusco calo	In diminuzione

Fronte caldo	prima del fronte	durante il passaggio	dopo il fronte
Vento	S / SE	variabile	S – SW
Temperatura	freddo - fresco in lento riscaldamento	aumento regolare	in ulteriore aumento., poi stazionaria
Pressione	diminuzione	livellata	lieve ripresa, poi calo
Nubi	in aumento Ci, Cs, As, Ns, St, nebbie; Cb in estate	stratiformi	schiarite con Sc sparsi; Cb in estate
Precipitazione	lievi o moderate	piovigine o assente	assenti, piogge o deboli rovesci
Visibilità	scarsa	scarsa, in miglioramento	buona, qualche foschia
Punto di rugiada	aumento regolare	stazionario	in aumento, poi stazionario

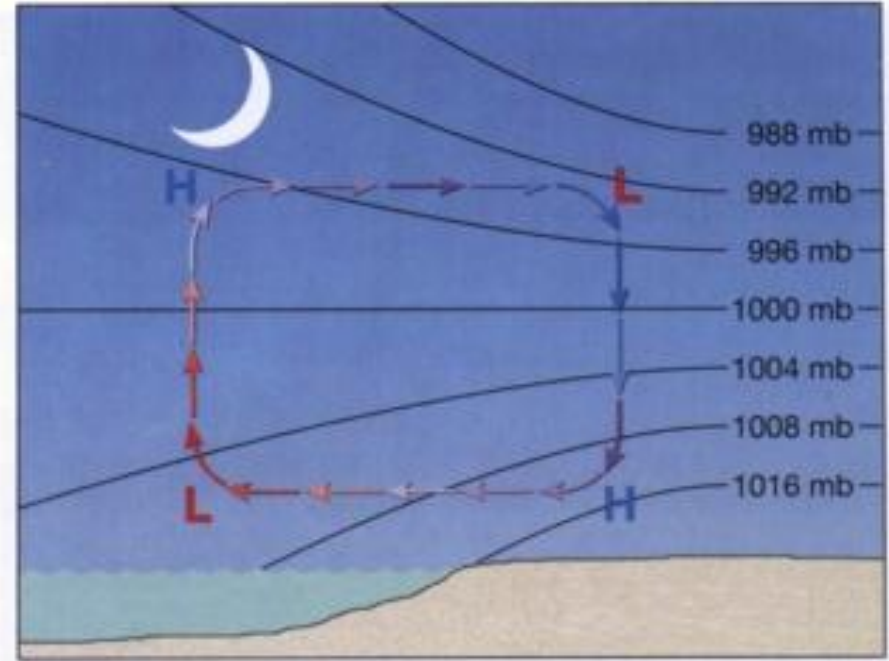
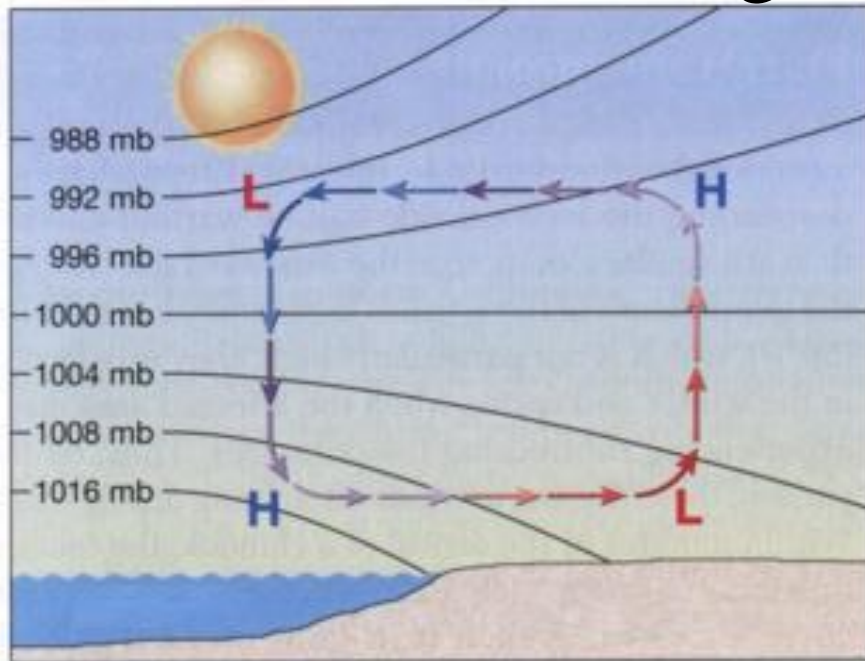
BREZZE e FÖHN



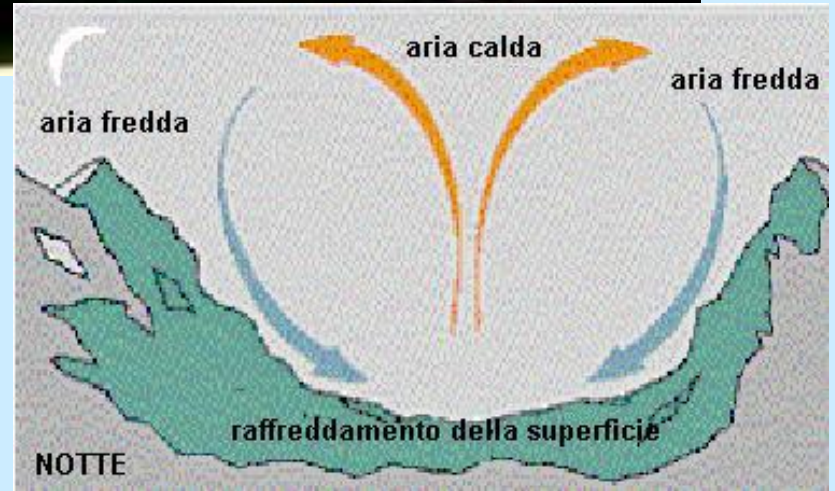
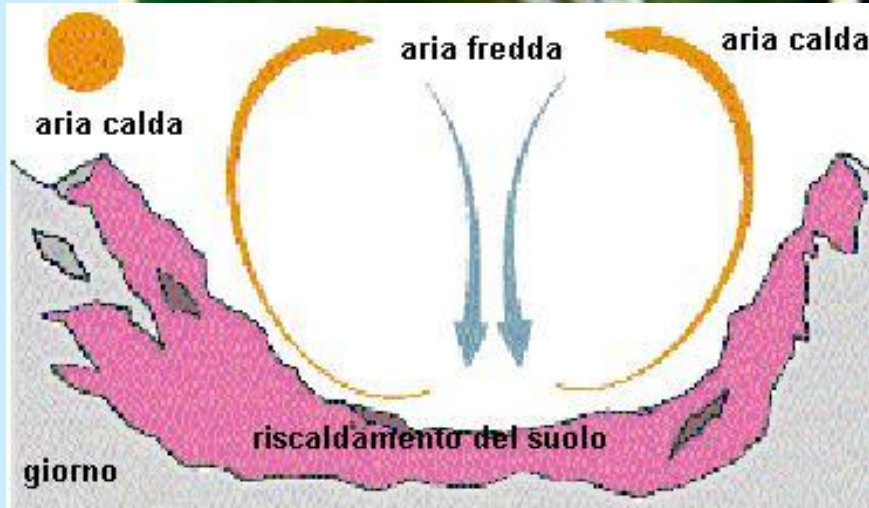
## Brezza terra - mare



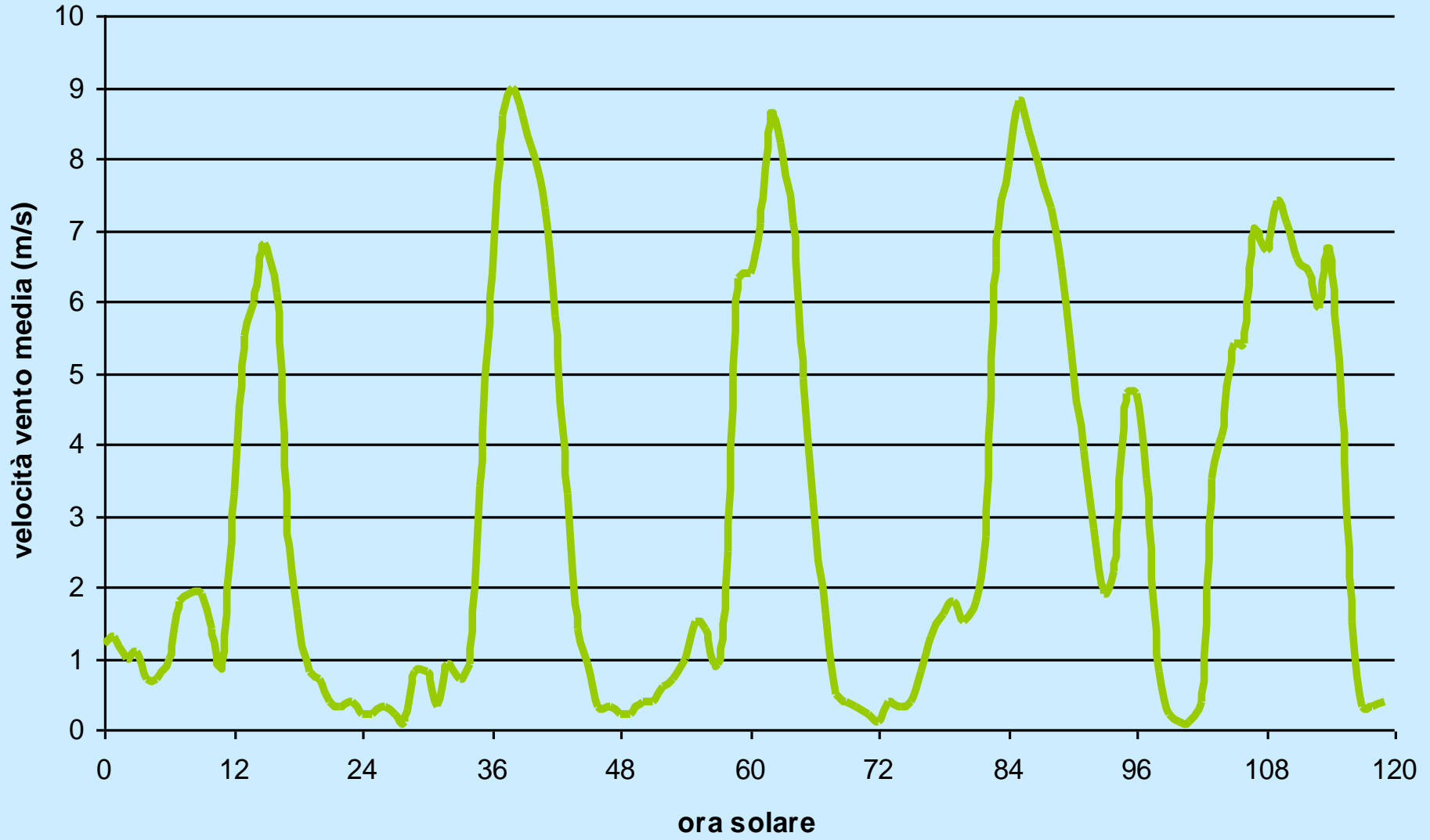
# Schema della brezza (girasole)



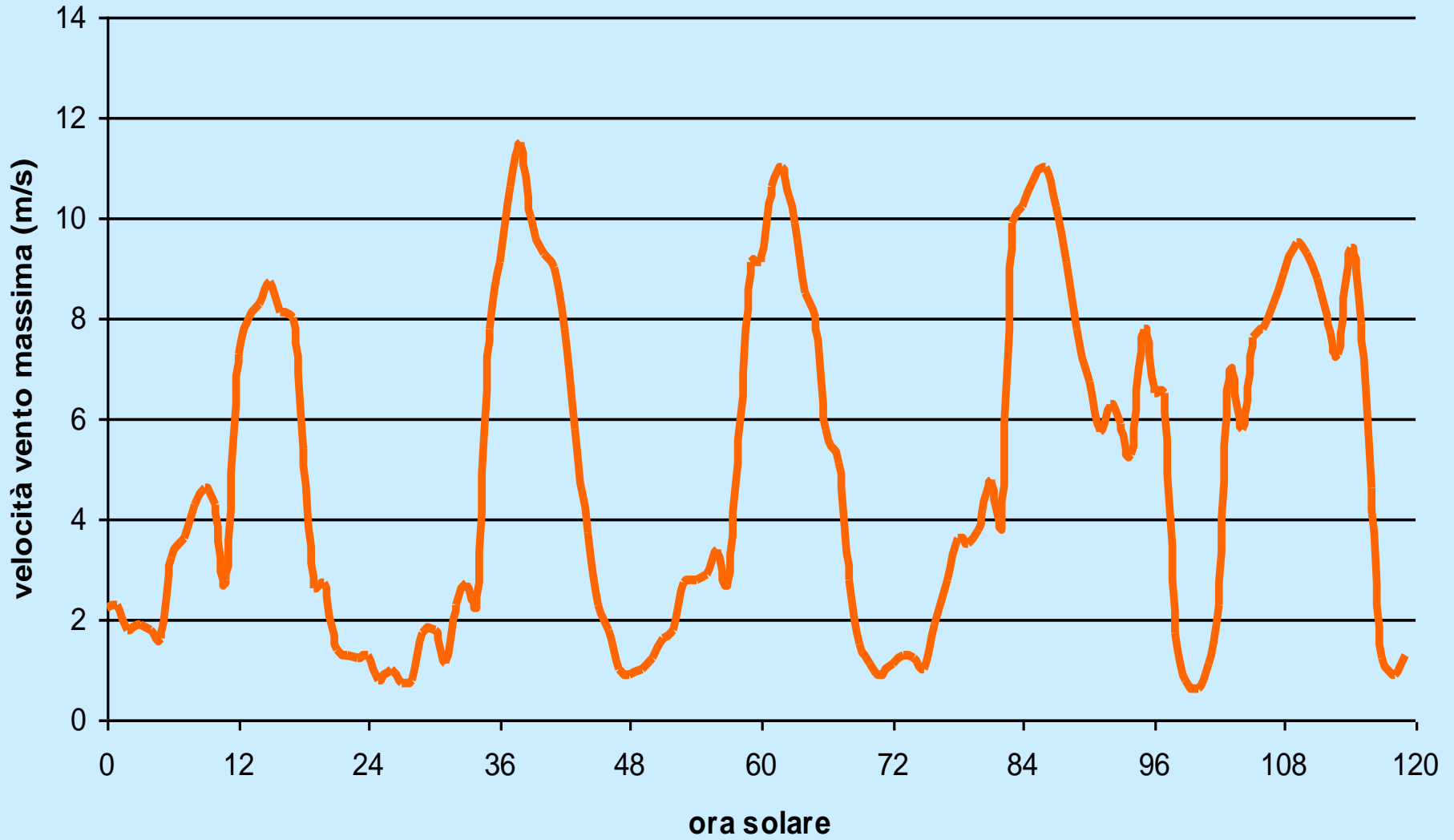
# Brezza monte -valle



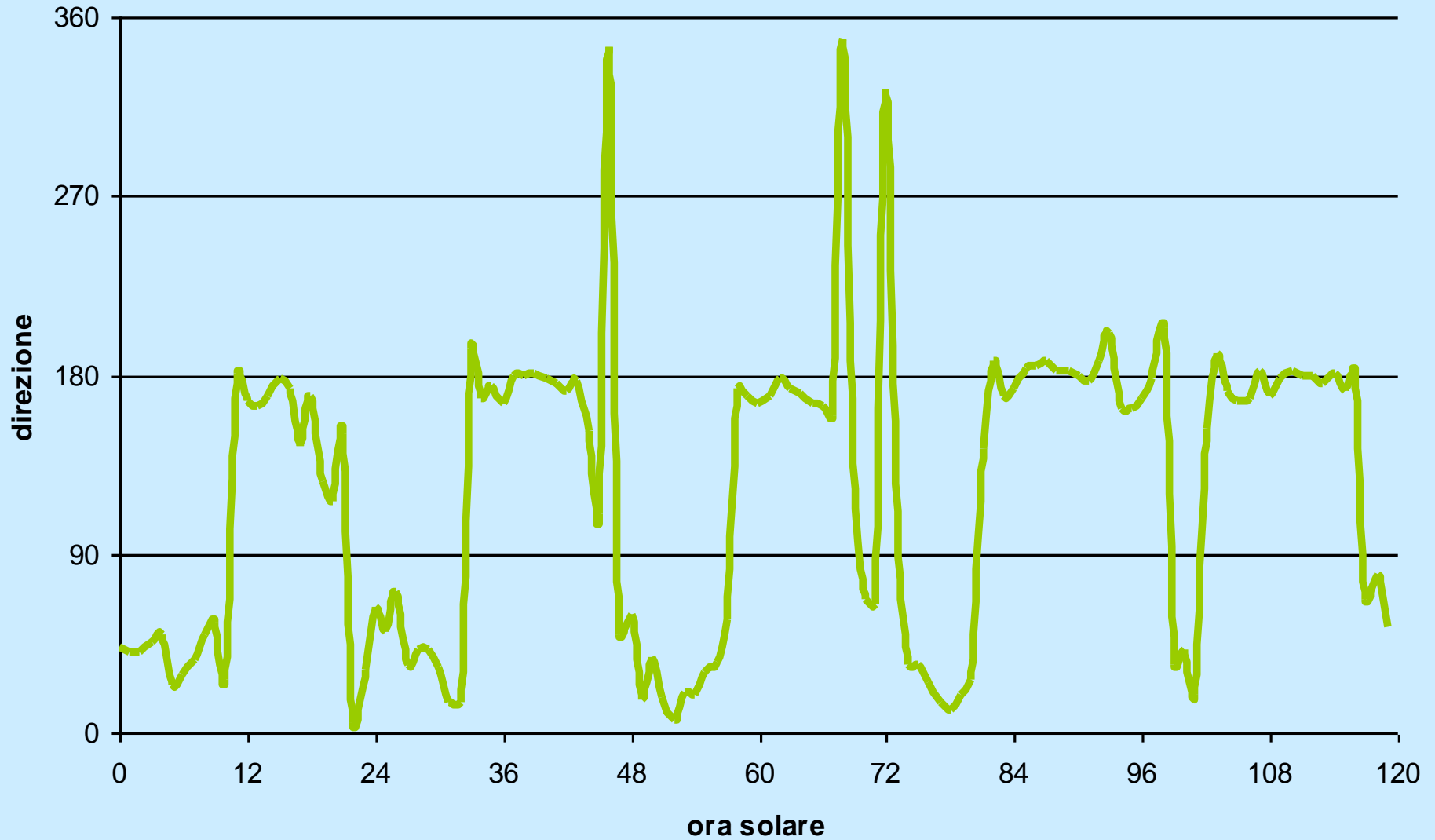
# Stazione Riva del Garda - dal 30 maggio al 3 giugno 2002



# Stazione Riva del Garda - dal 30 maggio al 3 giugno 2002

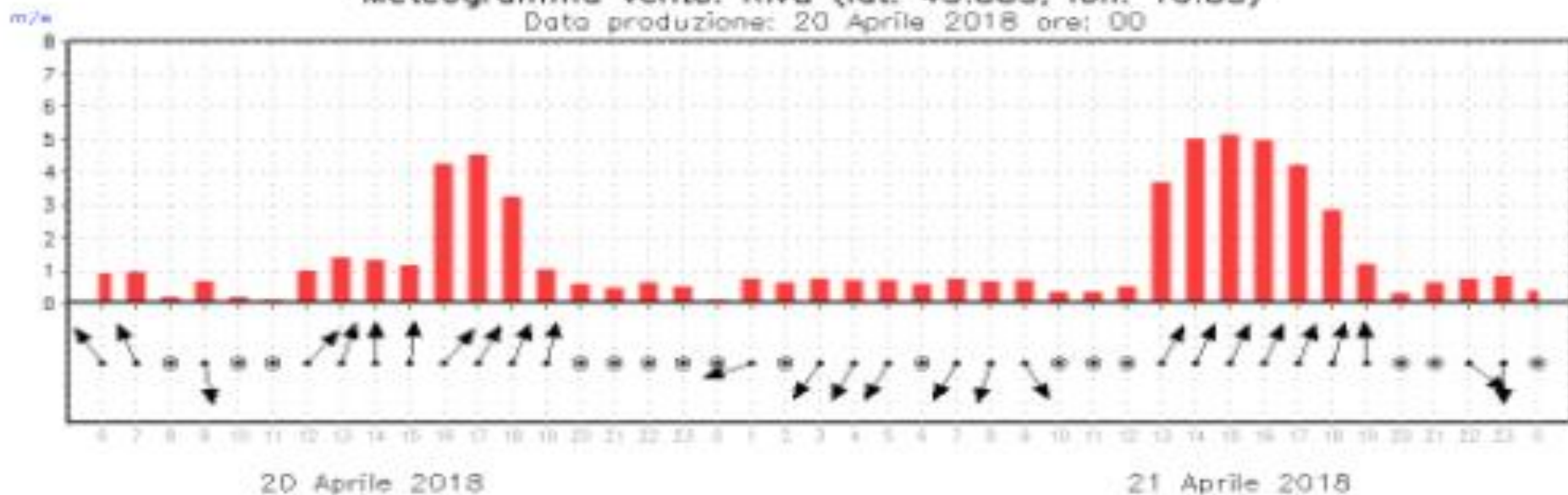


# Stazione Riva del Garda - dal 30 maggio al 3 giugno 2002



### Meteogramma vento: Riva (lat: 45.883, lon: 10.85)

Data produzione: 20 Aprile 2018 ore: 00



20 Aprile 2018

21 Aprile 2018

CCMAD2/MeteoTrendline



### Meteogramma vento: MedioGarda (lat: 45.76, lon: 10.71)

Data produzione: 20 Aprile 2018 ore: 00

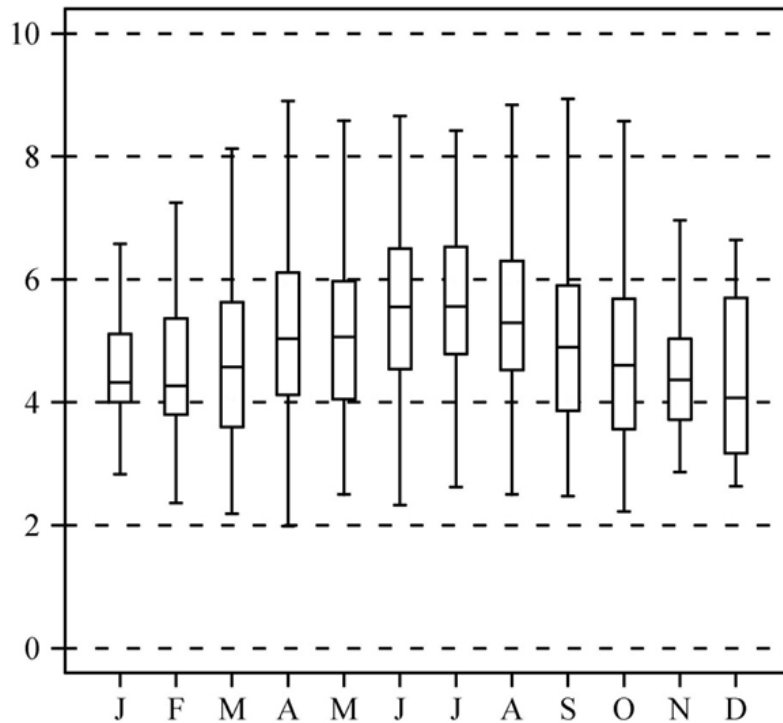


20 Aprile 2018

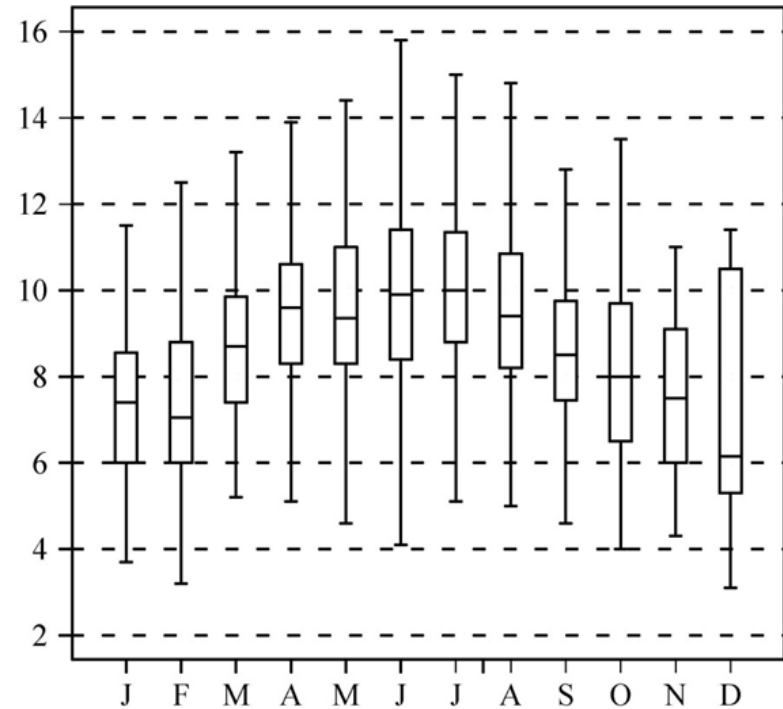
21 Aprile 2018

## 2. Climatology

Riva – Average velocity



Riva – Maximum gust



## intensità media del vento da Sud

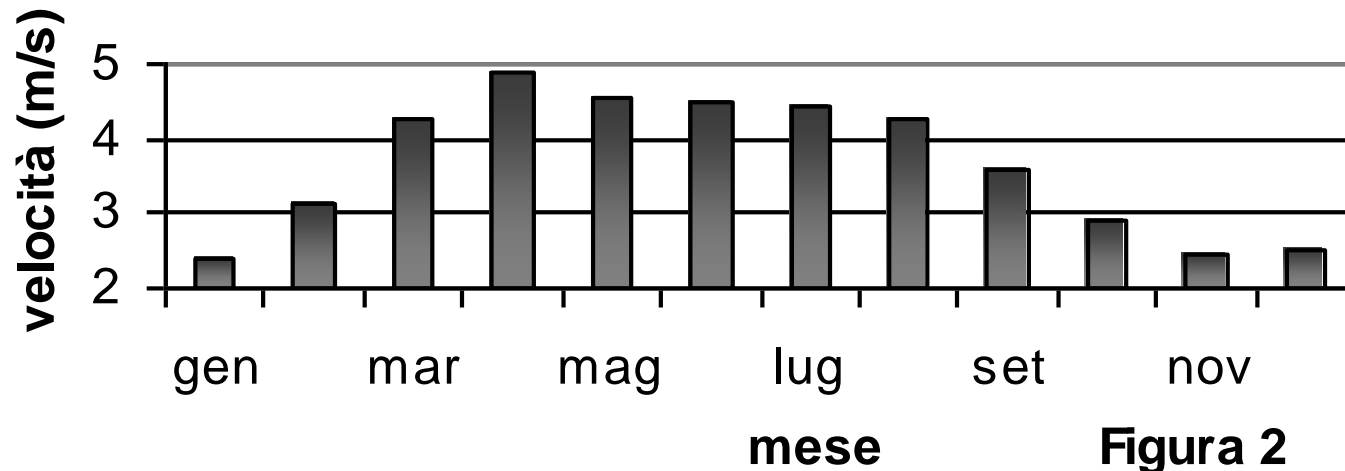


Figura 2

## frequenza vento da Sud

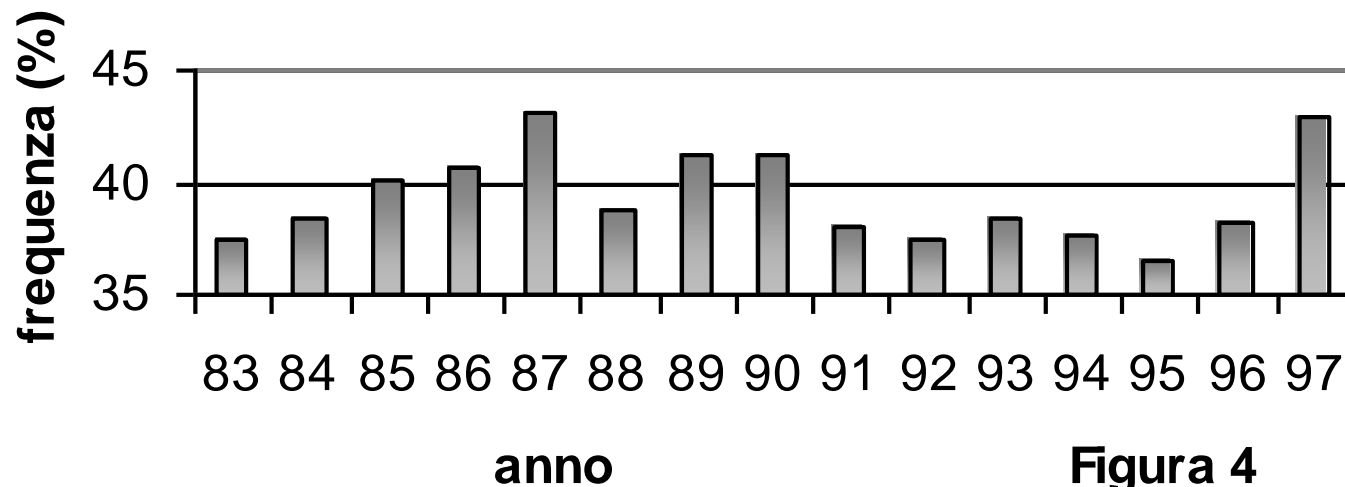
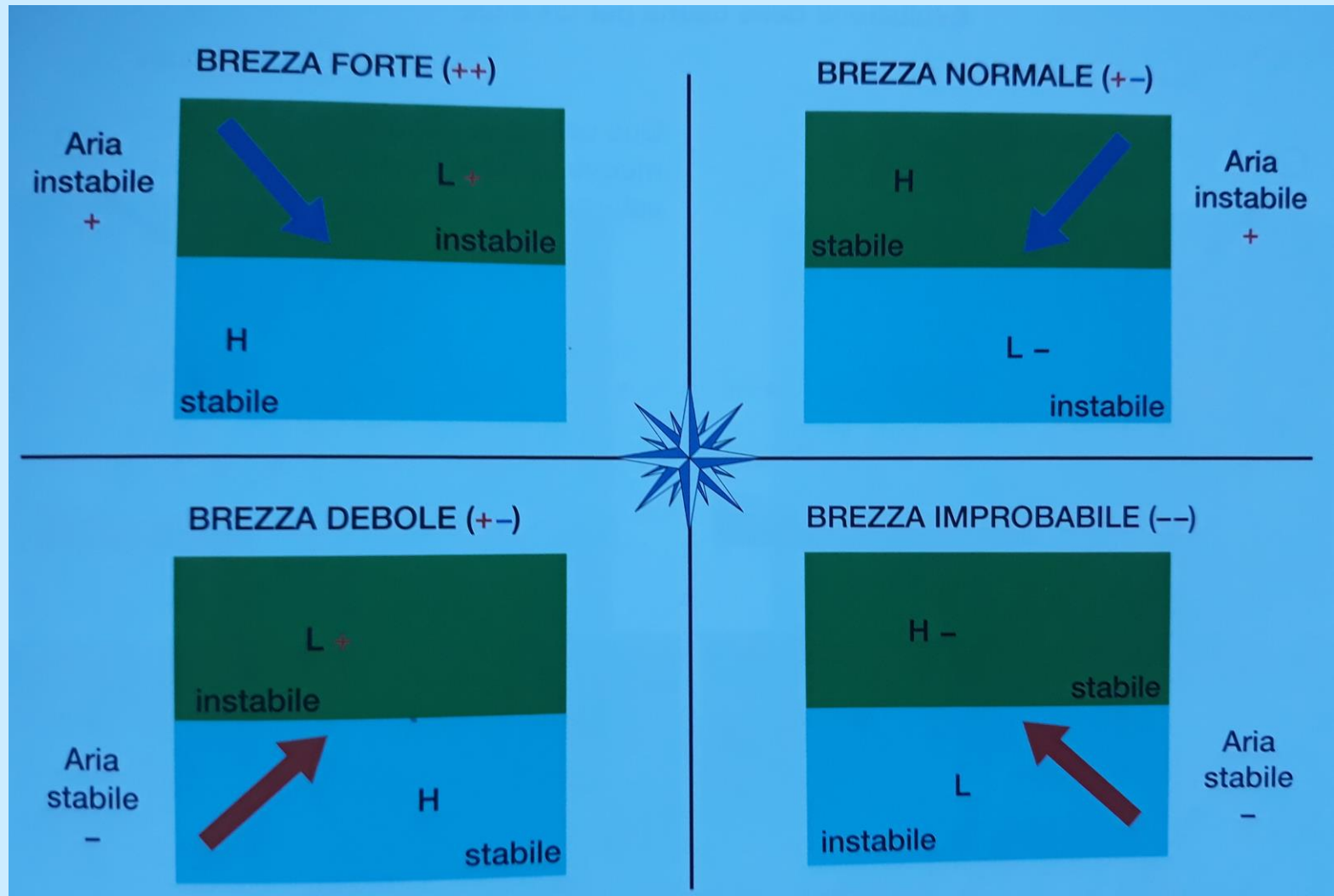


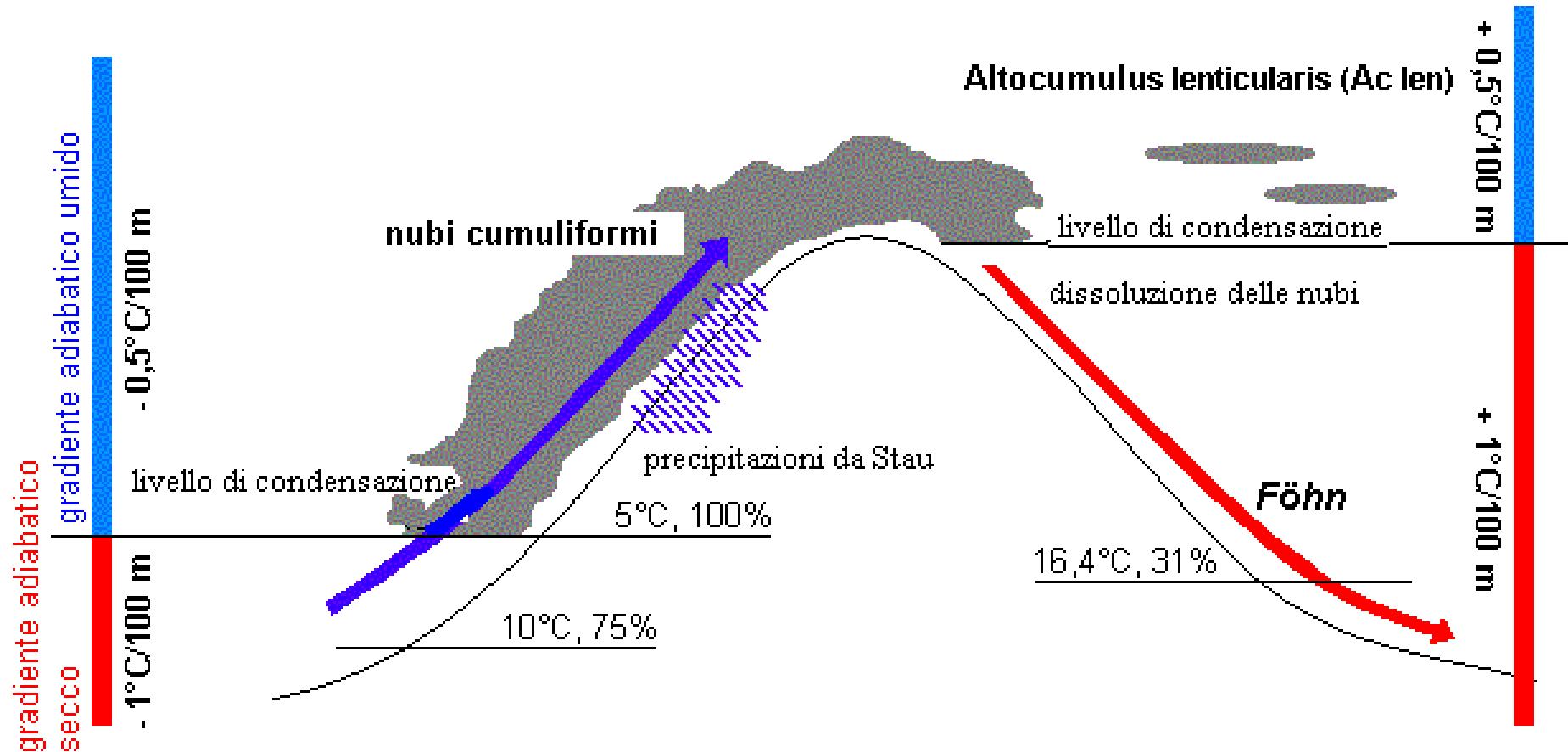
Figura 4

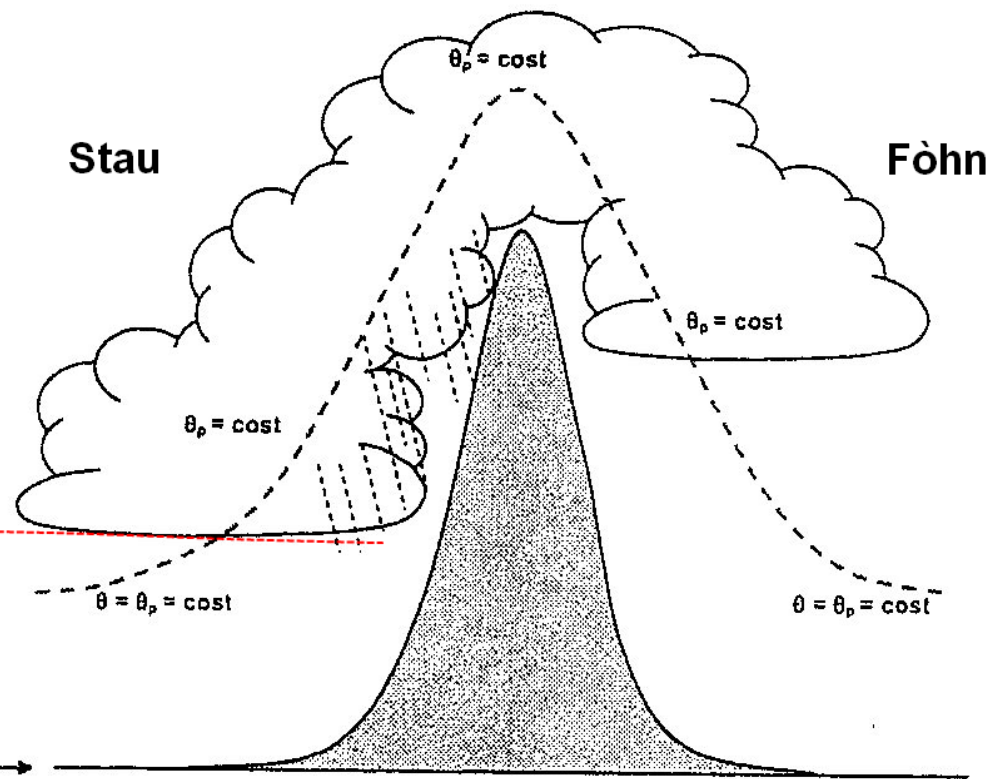
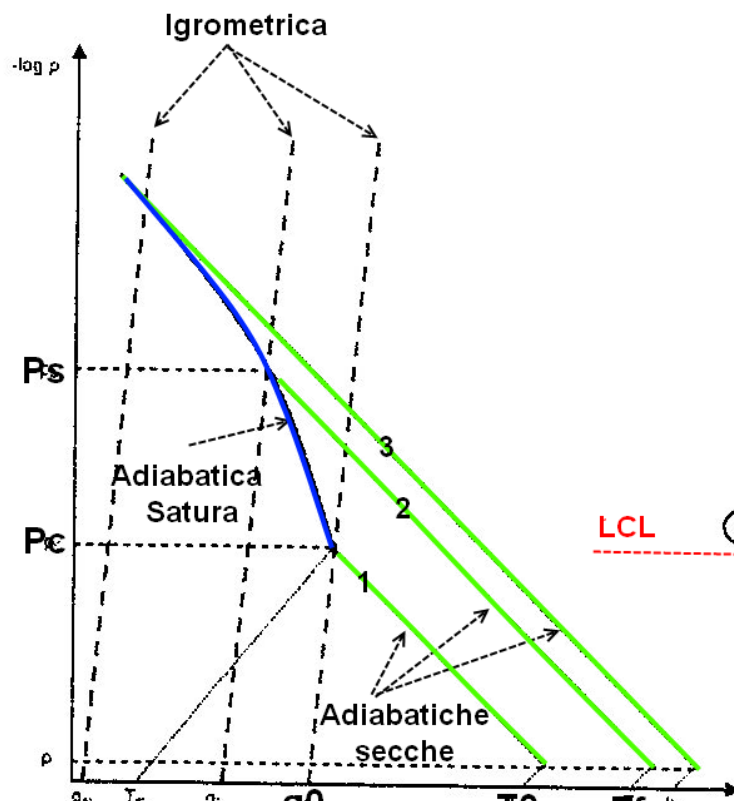
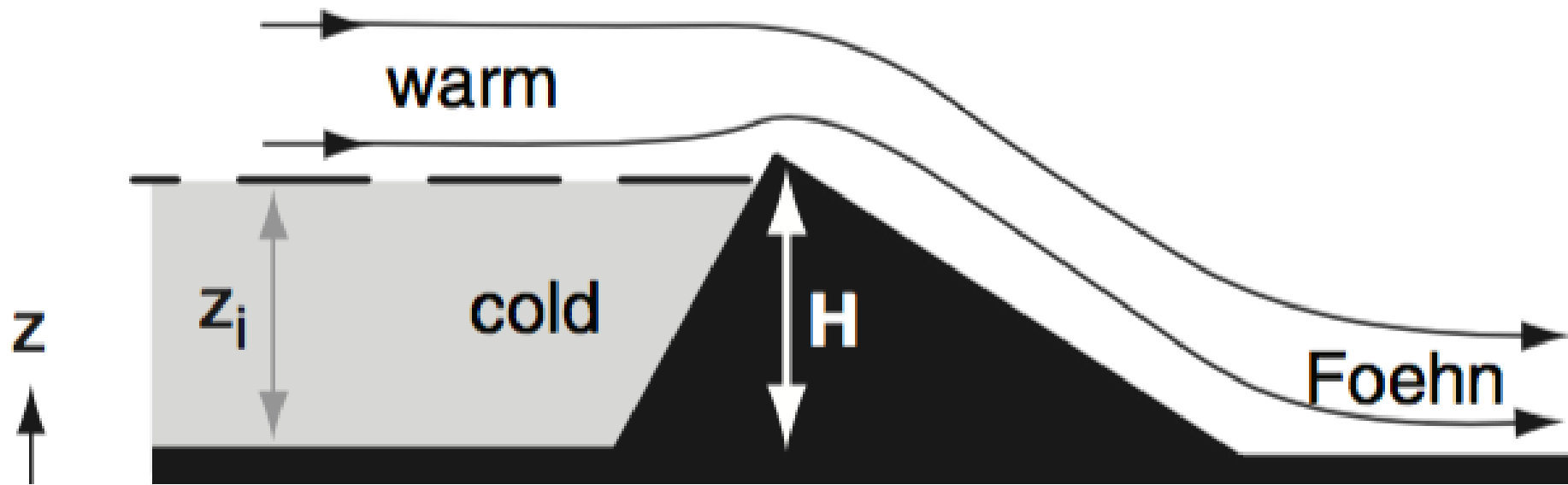
# Brezza mista

- La legge dei 4 quadranti da applicare al vento sinottico... soleggiamento importante...



# Il Föhn: shallow e deeeper





Il “muro” del föhn



# Gradiente barico tra Innsbruck e Verona



ultimo aggiornamento: run 00 20/04/2018

Powered by **ZingChart**

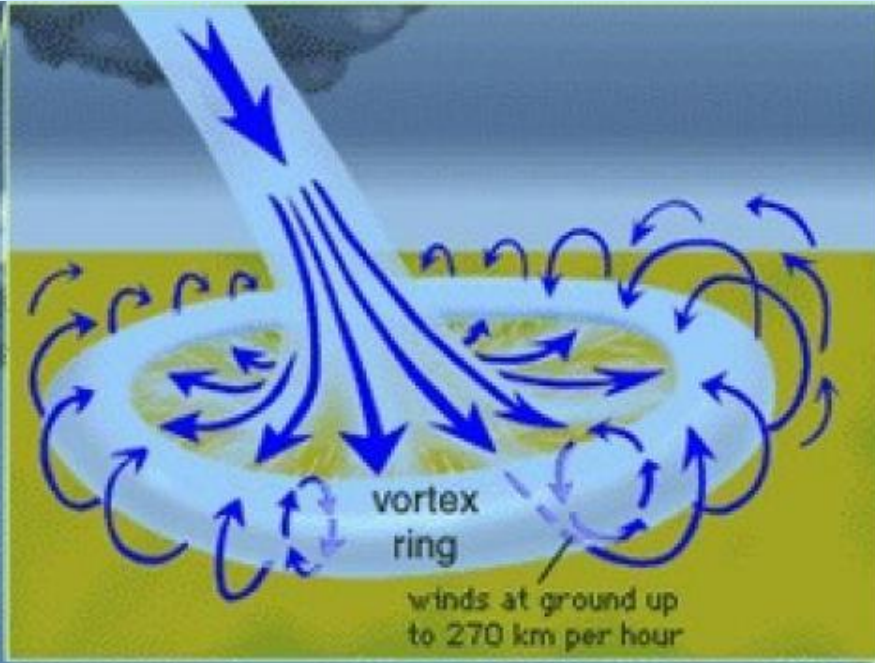
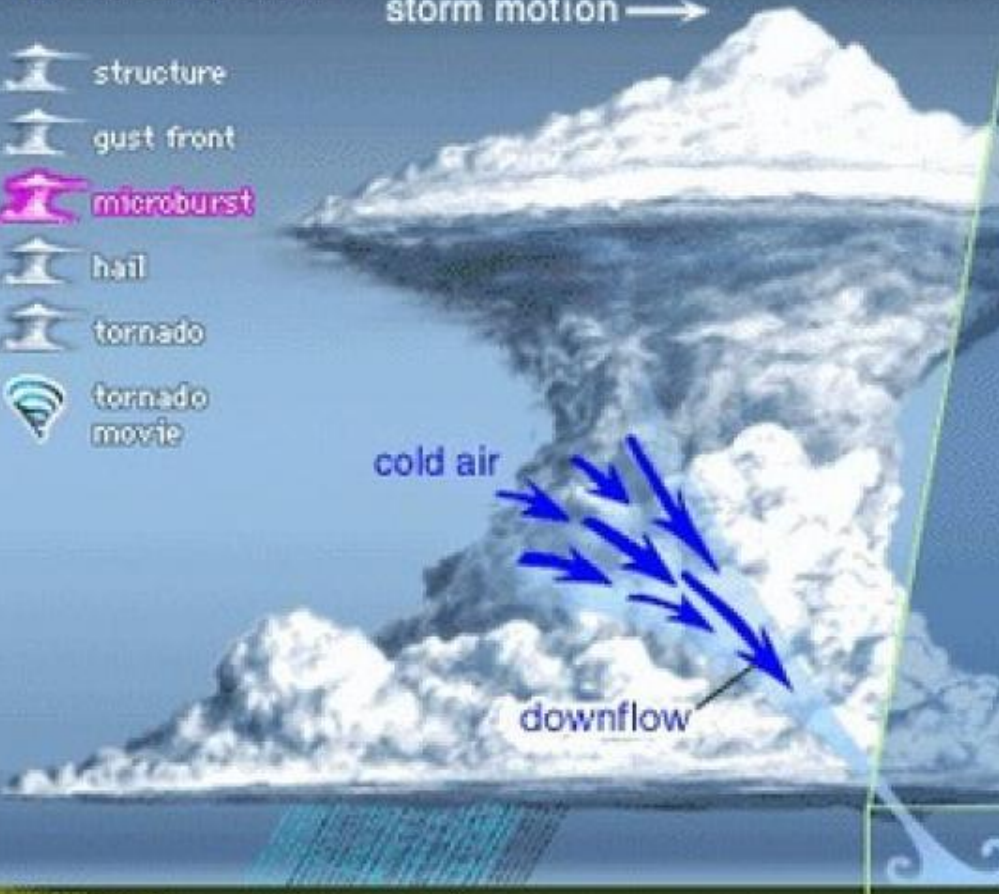
# Oltre alle brezze e il foehn:

- Downslope wind (windstorm)
- Trombe d'aria o tornado
- Downburst
- Uragani, tifoni

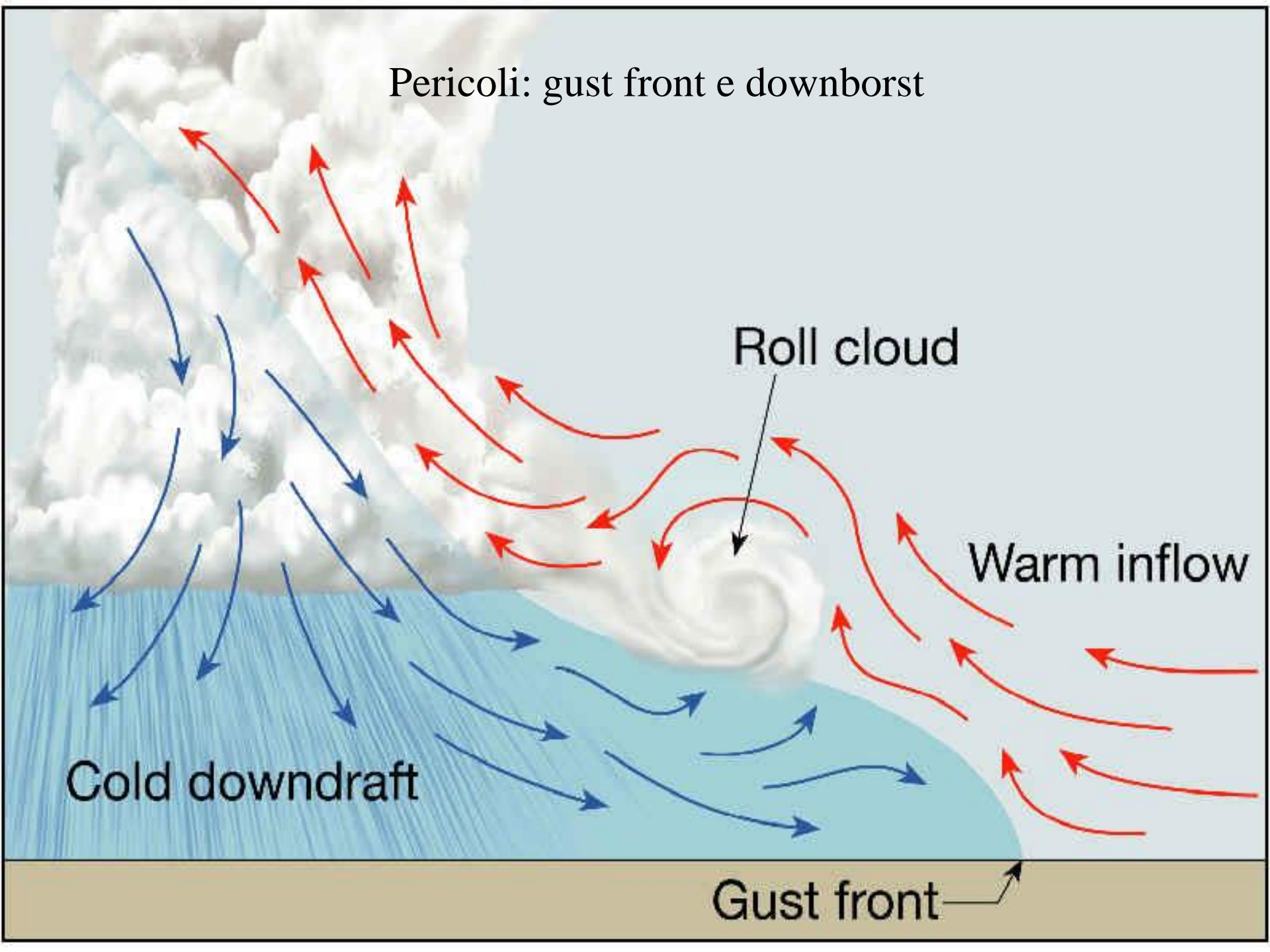
# Thunderstorm

-  structure
-  gust front
-  microburst
-  hail
-  tornado
-  tornado movie

storm motion →



Pericoli: gust front e downborst

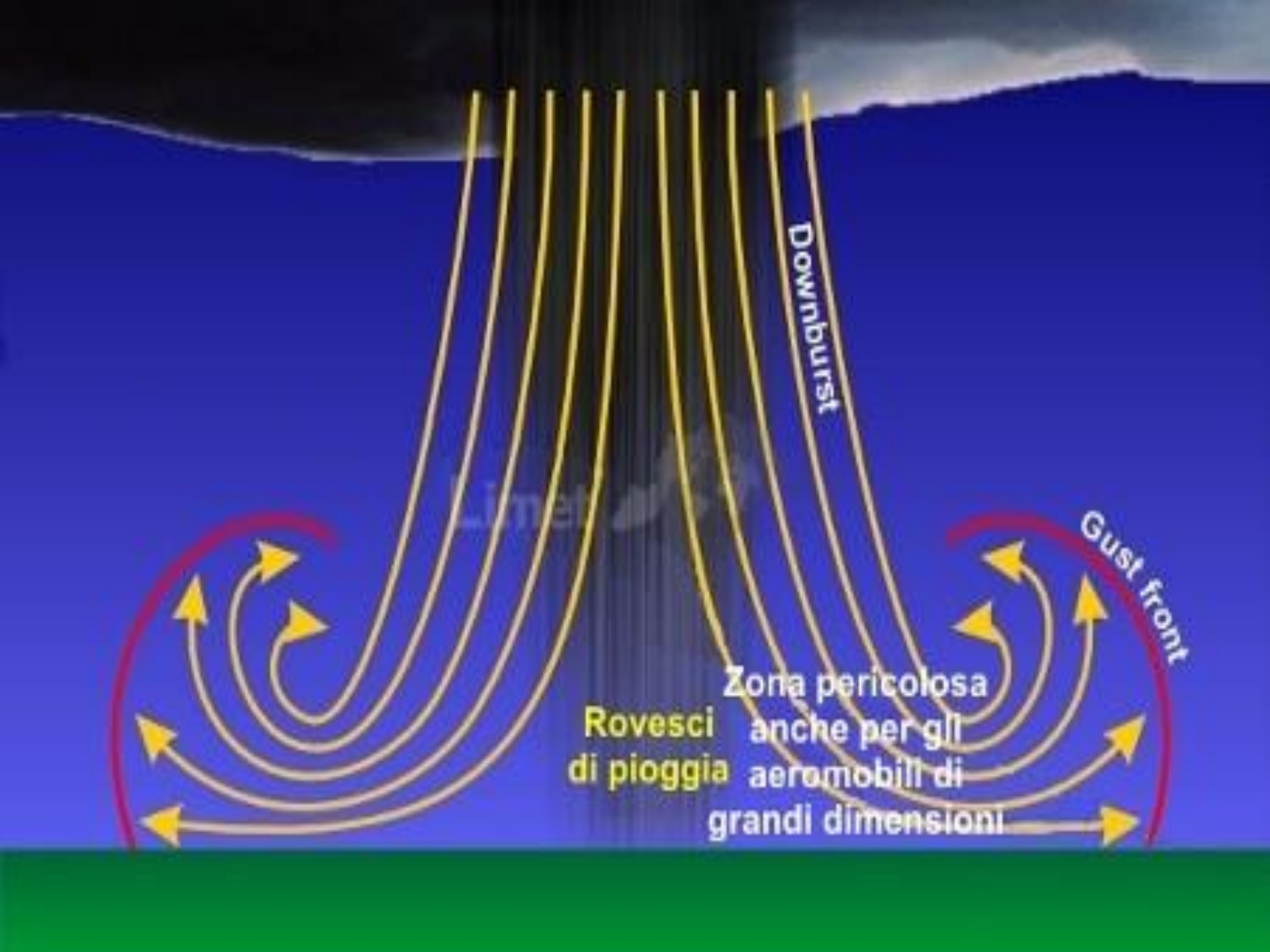


Roll cloud

Warm inflow

Cold downdraft

Gust front



Downburst

Gust front

**Rovescei di pioggia**  
Zona pericolosa anche per gli aeromobili di grandi dimensioni

# *Downbursts*





Verso di rotazione non  
dipendente da Coriolis!

# Funnel clouds





mammatus





**KATIA**

**IRMA**

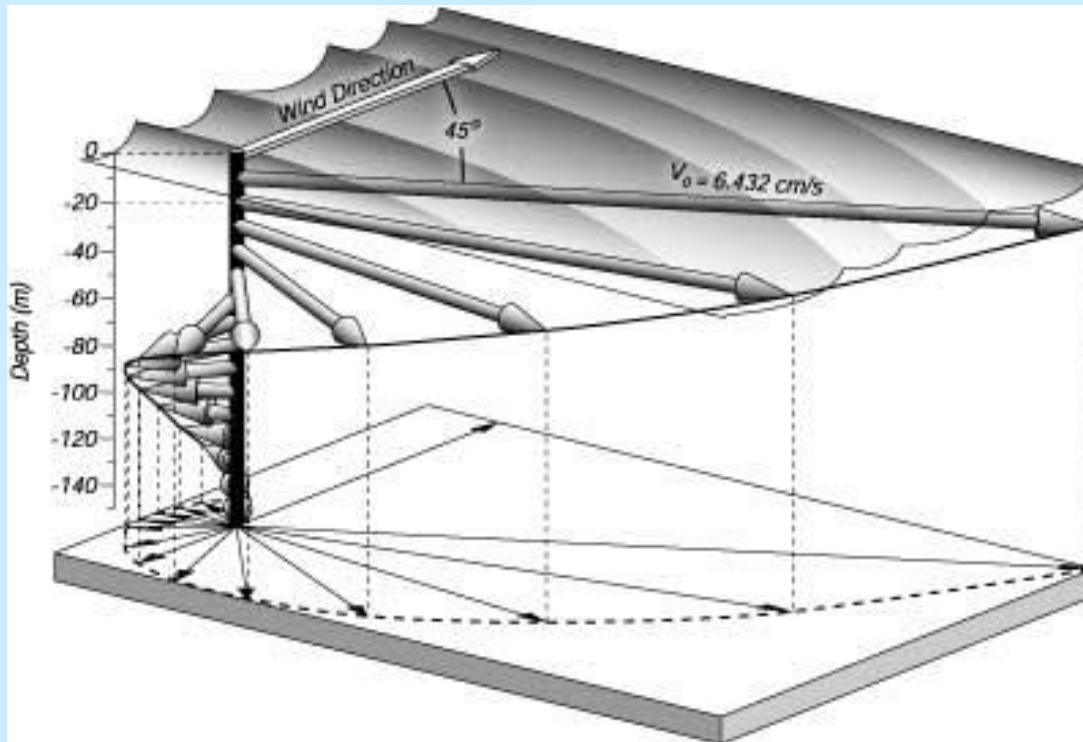
**JOSE**

## Tropical Cyclone Windspeed Scale

Strength	Category	1 Minute Maximum Sustained Winds		
		knots	mph	km/h
Tropical Depression	TD	<34	<39	<63
Tropical Storm	TS	34-63	39-73	63-118
Hurricane	Cat 1	64-82	74-95	119-153
Hurricane	Cat 2	83-95	96-110	154-177
Intense Hurricane	Cat 3	96-113	111-130	178-210
Intense Hurricane	Cat 4	114-135	131-155	211-250
Intense Hurricane	Cat 5	>135	>155	>250

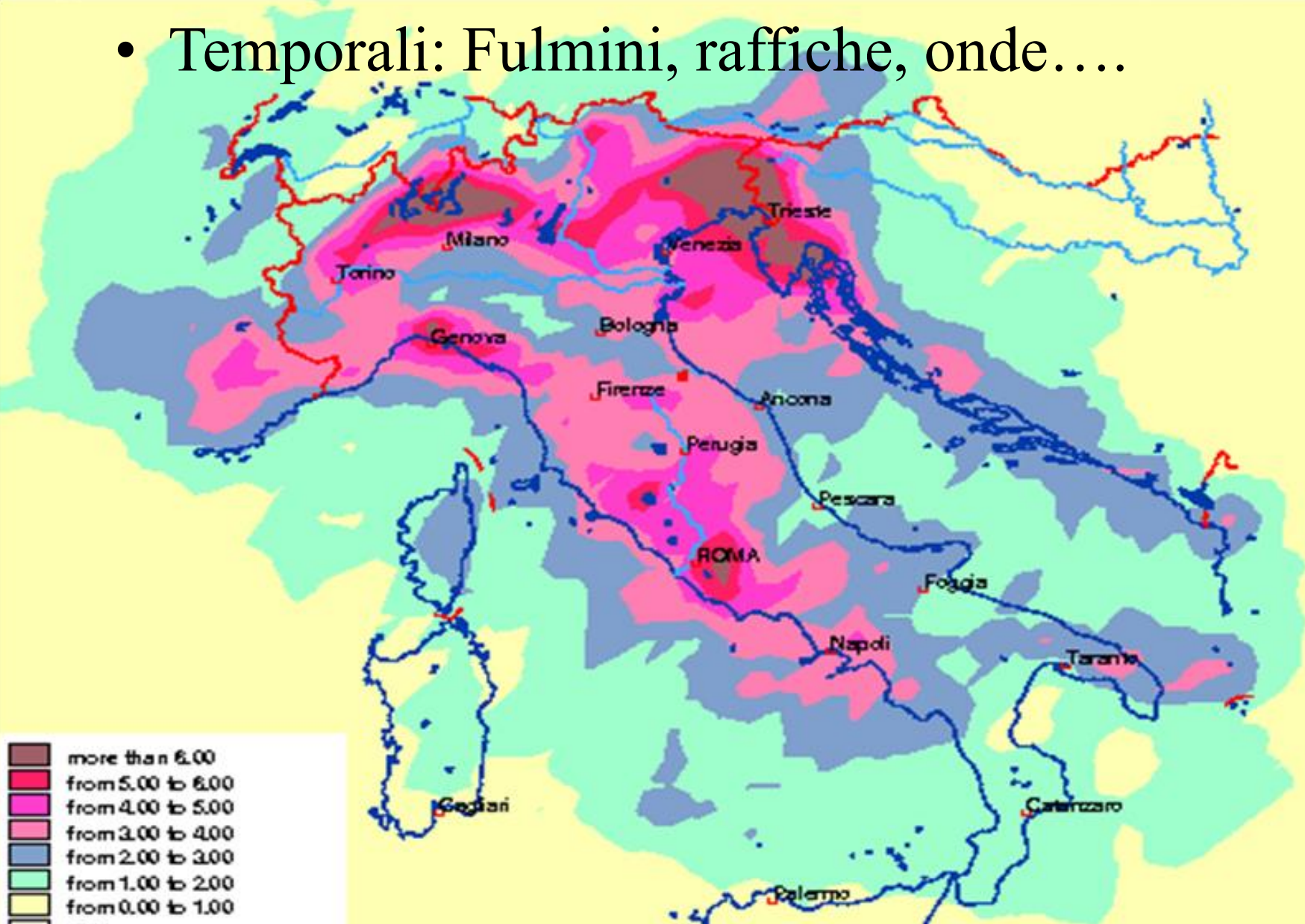
Vento più forte e con direzione diversa nella parte alta della vela

- Esperienza con le bandiere sul paterazzo
- Spirale di Ekman



# Densità di fulminazione al suolo

- Temporali: Fulmini, raffiche, onde....



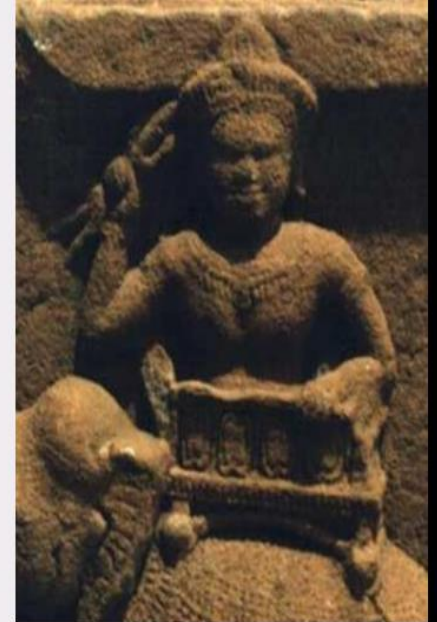




Vajrapani



Leigong



Indra



Zeus



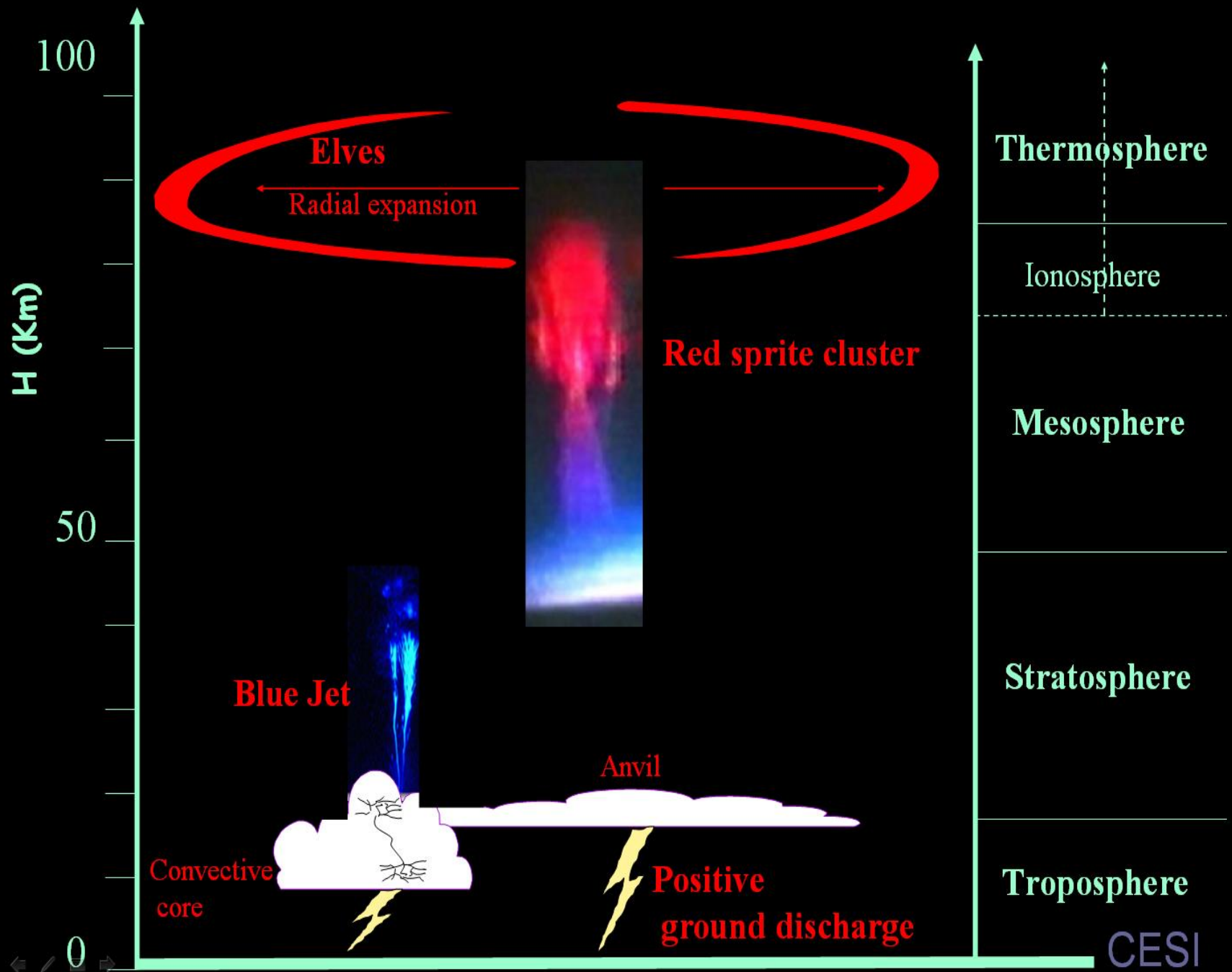
Tinia



Perun



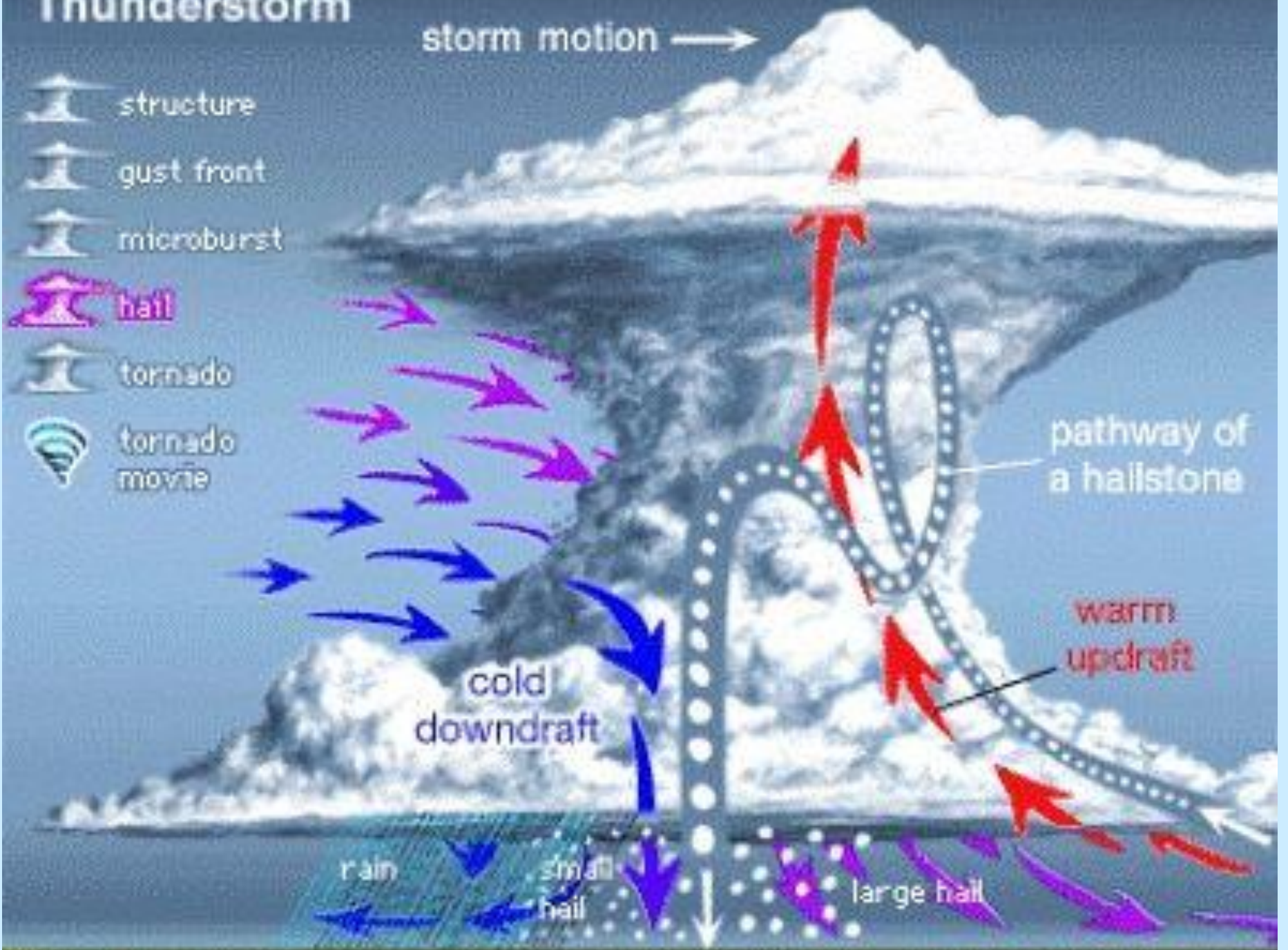
Thor



# Thunderstorm

storm motion →

-  structure
-  gust front
-  microburst
-  hail
-  tornado
-  tornado movie



pathway of a hailstone

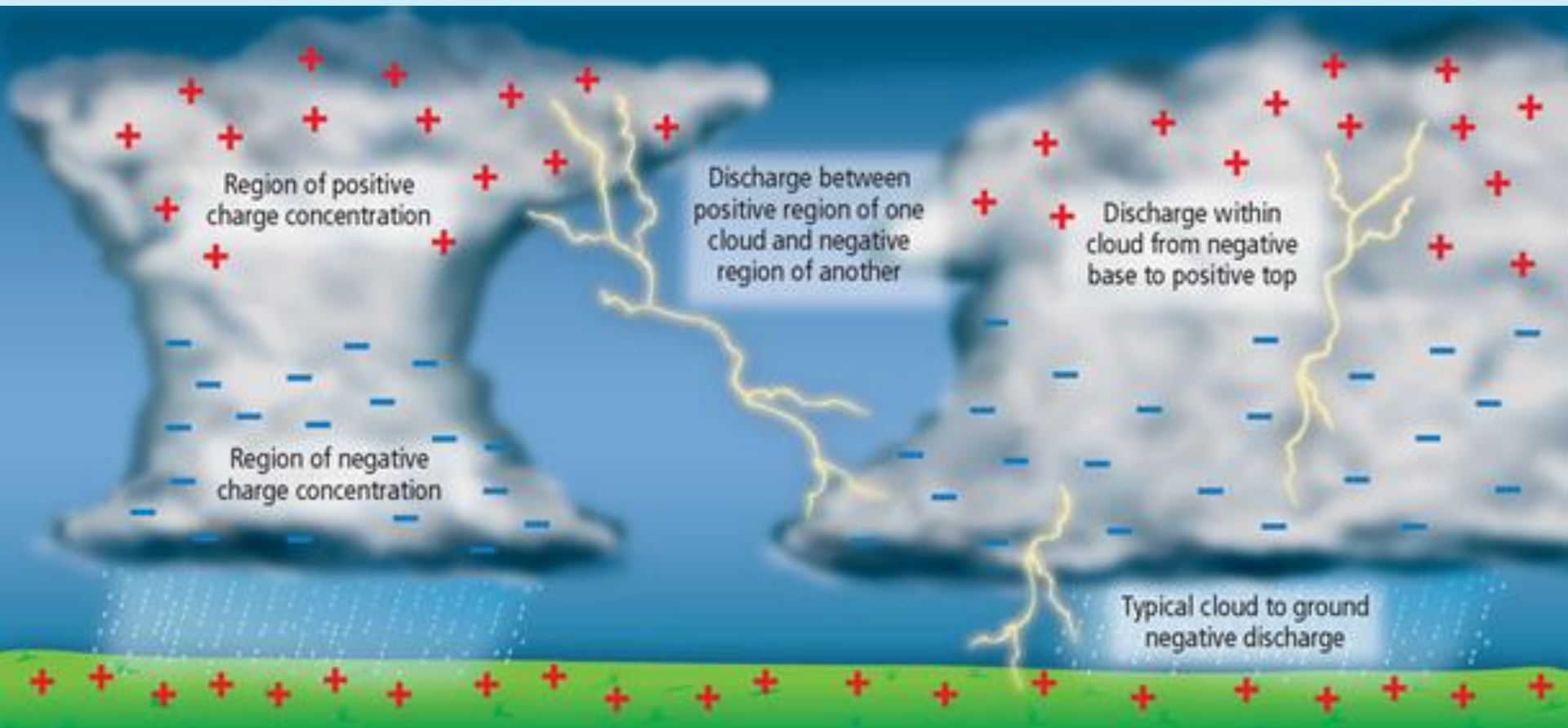
warm updraft

cold downdraft

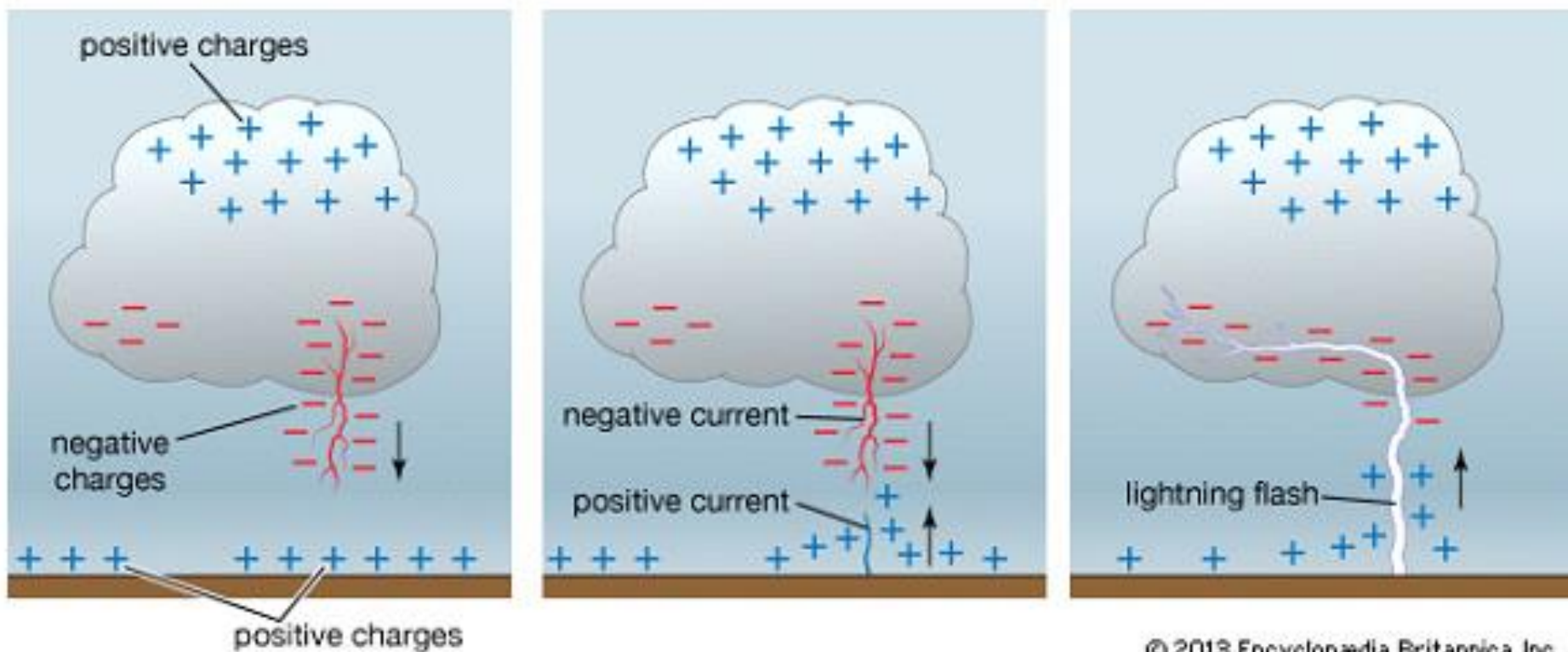
rain

small hail

large hail



## How lightning develops



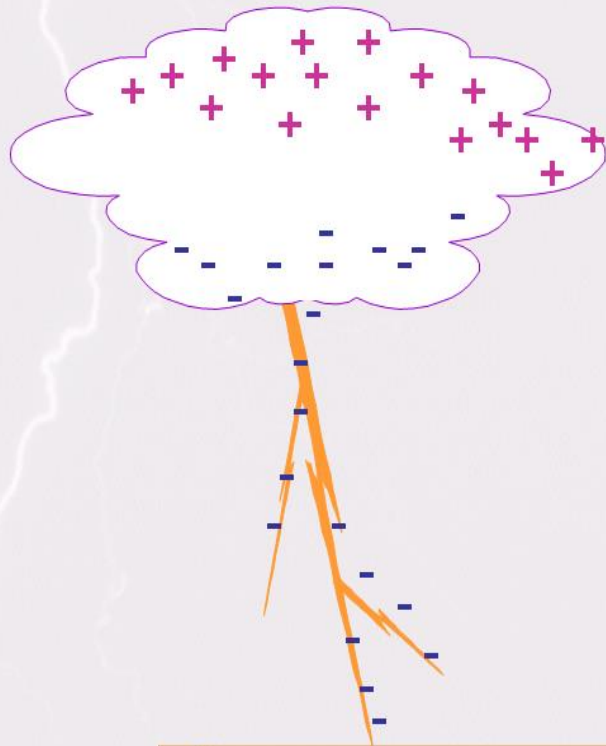
© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

# Fulmini e nomenclatura

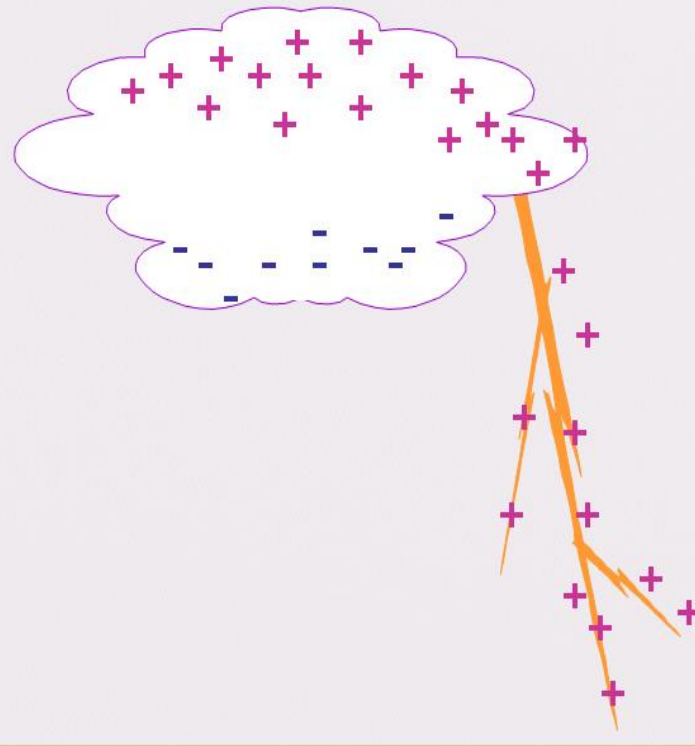
Fulmine Positivo o Negativo indica la carica prevalente nella zona di origine della scarica (o, per semplicità mnemonica, il tipo di carica che si può immaginare drenata verso il suolo)

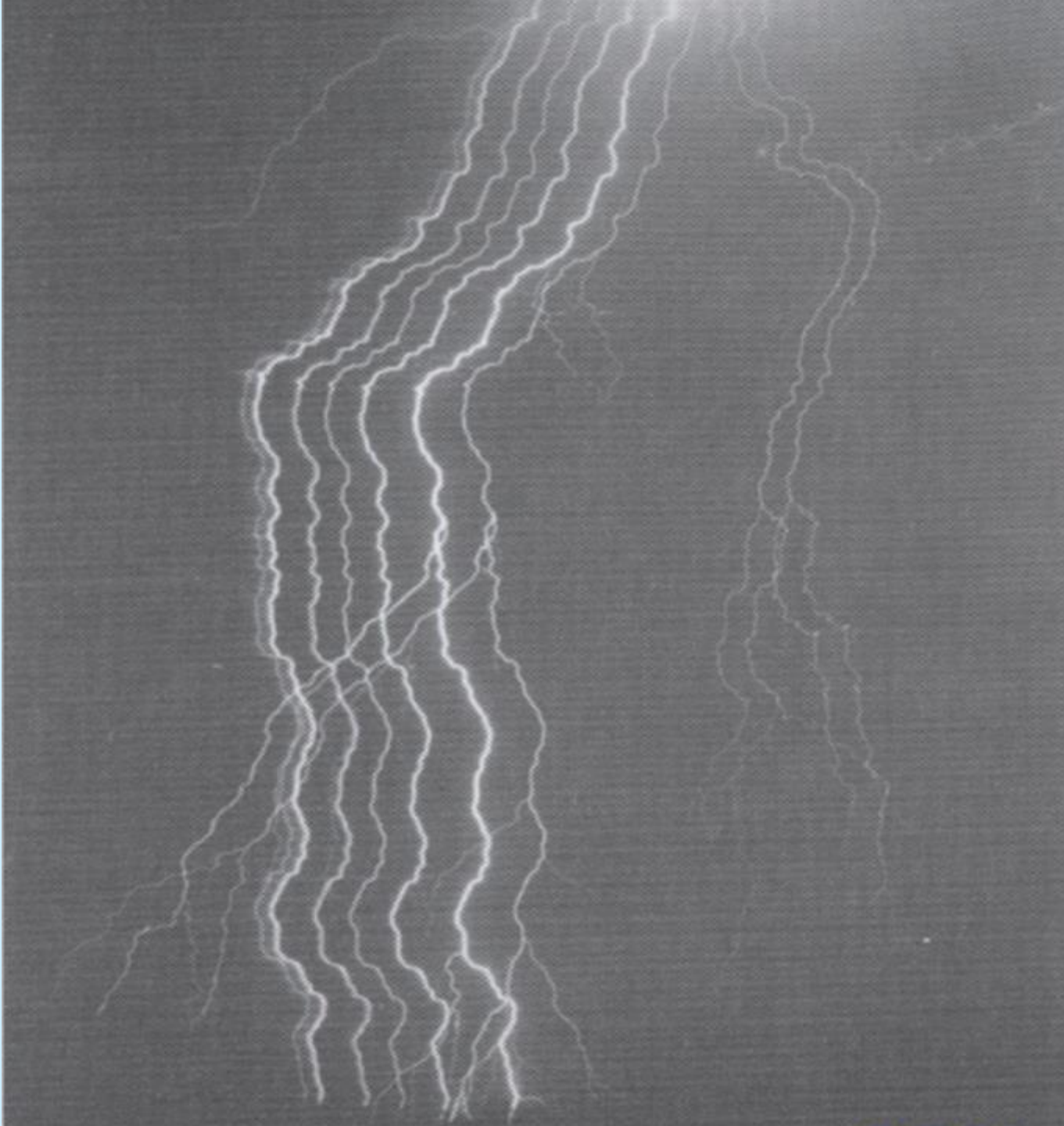
Ricordiamo che le cariche in movimento sono comunque gli elettroni

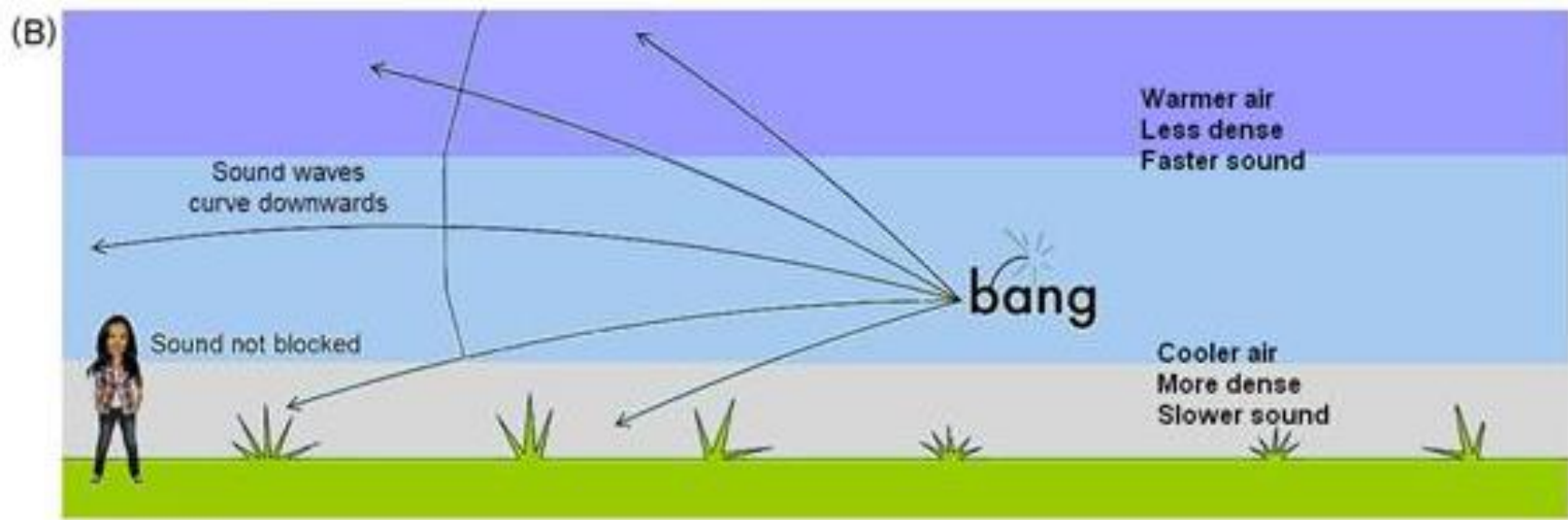
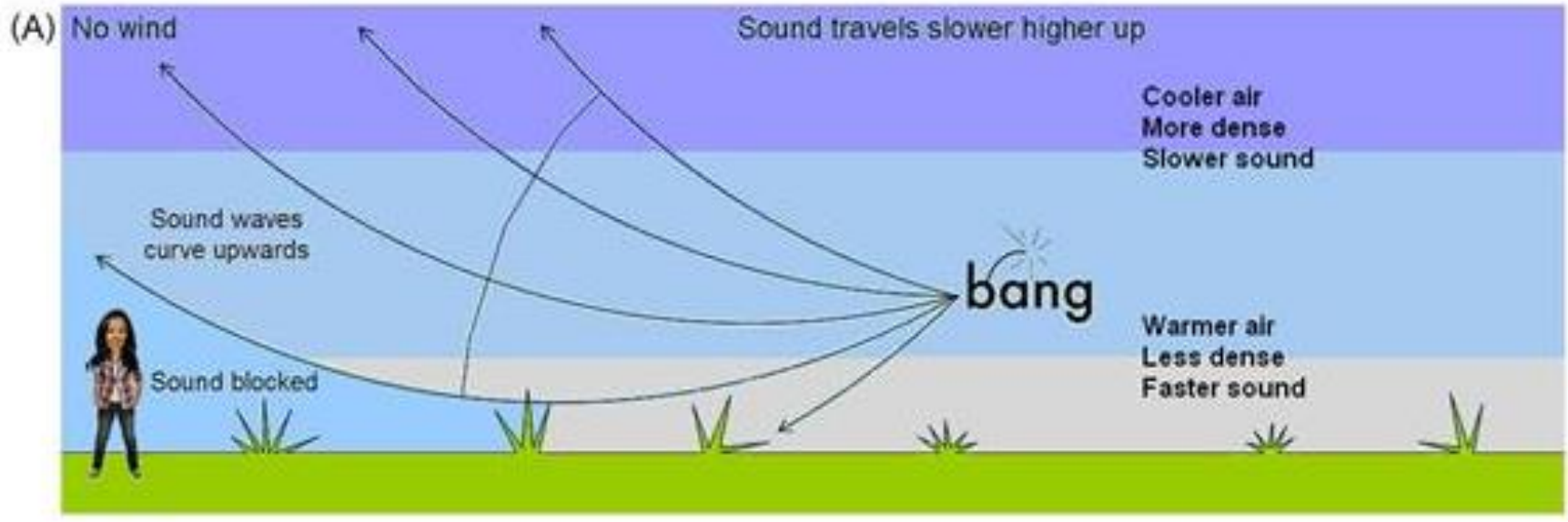
discendente negativo

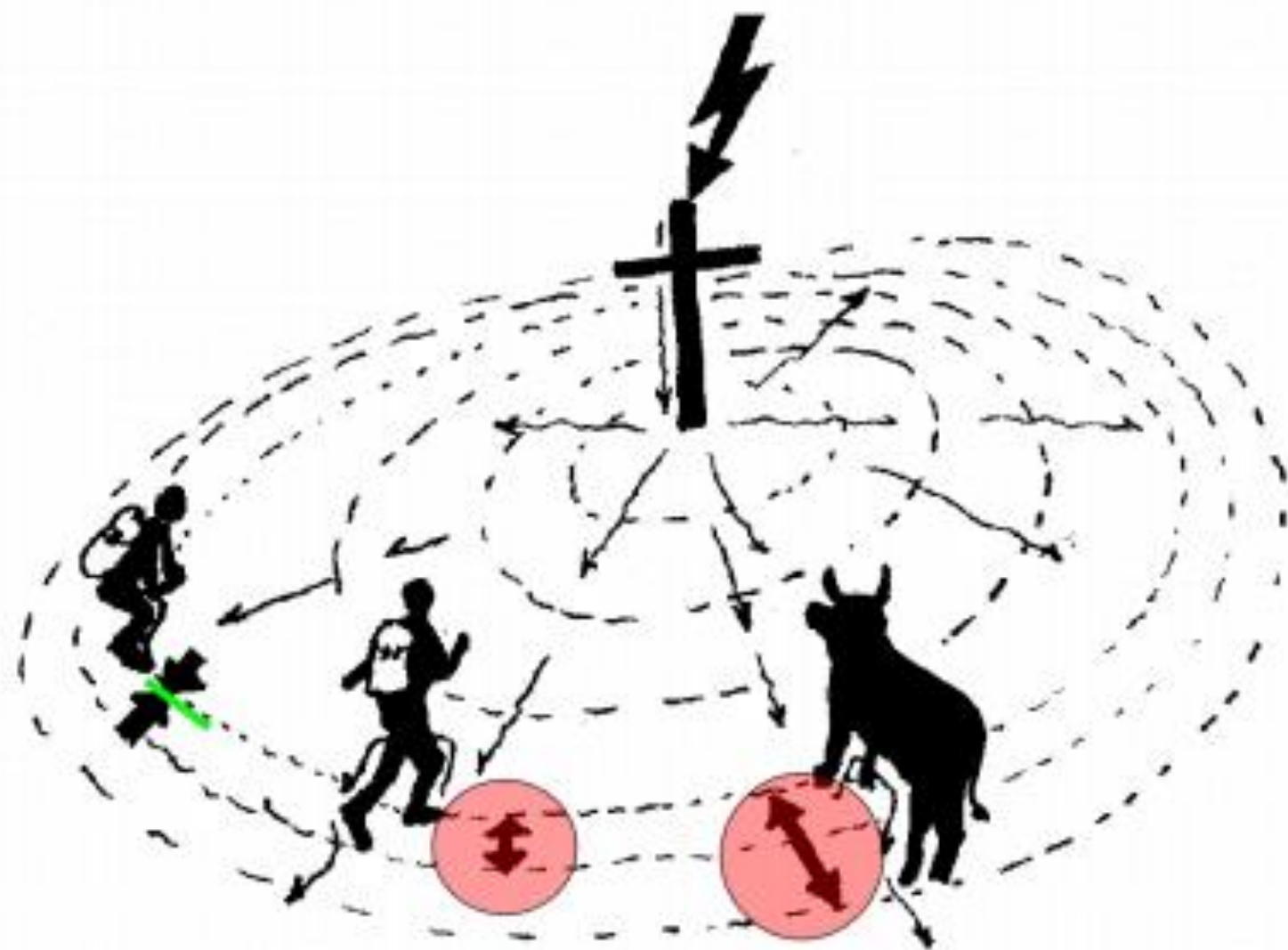


discendente positivo









La “corrente di passo” minima si verifica toccando il terreno con un solo punto, mentre è maggiore per chi sta camminando o per i quadrupedi in genere.

# Pericolo albero (alto e appuntito)

- Meglio metallo che legno (perché legno può esplodere e ferirci). Spegnerne apparecchi elettrici per rischio correnti indotte.
- Posizione di sicurezza: piedi uniti, accovacciati, mani sulle orecchie.
- Catena attaccata all'albero e poi in acqua secondo percorso più breve o collegamento al bulbo.

# Curiosità

- Anelli e bracciali non attirano i fulmini.
- Crepitii, fuochi di Sant'Elmo
- In casa
- In auto
- All'aperto









NEW  
YORKER



# Preparazione della regata

- Chiedere ai “locali” come soffia il vento “di solito”
- Osservare lo sviluppo delle nubi cumuliformi. Se troppo presto al mattino indica instabilità. Brezza anticipa. Rischio temporali.
- Osservare quando vanno in ombra i versanti delle montagne e prevedere il vento

# Sicurezza

- Radar, satellite, webcam, rilevamento fulmini, anemometri
- Bollettini meteo
- Allerte protezione civile

# Domande

- Se l'aria si muove verso l'alto di 3 cm/s sono in una alta o bassa pressione?
- Se l'aria si muove di 10 m/s verso il basso sono in un gust front o in un downburst?
- Se ci sono dei cirri e poi dei cirrostrati potrà piovere tra 12 ore? Sarà probabilmente un fronte caldo o freddo?
- La brezza pomeridiana è più probabile con cielo sereno o con nubi estese?
- Durante un temporale è meglio spegnere le apparecchiature elettriche?