

Maggio-Giugno 2014

PAS - A056

**Meteorologia
marittima
Lezione 1 e 2**

NOTA

Materiale didattico ad
uso esclusivo dei
frequentatori.

A cura del C.te Giorgio TROSSARELLI

L'atmosfera

Tutti i fenomeni meteorologici avvengono in seno all'atmosfera, che è l'involucro gassoso che avvolge l'intero globo terrestre e che lo segue nei suoi movimenti di rivoluzione e di rotazione.

L'atmosfera è, in pratica, un miscuglio di gas, dei quali alcuni (Azoto, Ossigeno, Argon, gas nobili) si presentano in **percentuale fissa** almeno fino a 100 km di altezza, mentre gli altri (Vapore acqueo, Ozono, Anidride Carbonica) sono invece caratterizzati da una **percentuale variabile** che dipende sia dalla quota che dalle caratteristiche peculiari della superficie terrestre sottostante (liquida, solida, agricola, industriale ecc.).

Nella parte più bassa dell'atmosfera (**Troposfera**), ove, in particolare, si ha la concentrazione di pressoché tutto il vapore acqueo, ai gas suddetti si unisce anche il pulviscolo atmosferico costituito da un insieme di minutissime particelle solide di origine terrestre che si presentano in **percentuale variabile** nel tempo e da luogo a luogo.

Tabella 1
I componenti permanenti dell'aria

Componenti	Simbolo	% Vol.
Azoto	N ₂	78,08
Ossigeno	O ₂	20,94
Argon	A	0,93
Anidr. Carb.	CO ₂	0,03
Gas nobili	Ne,Kr,Xe	
Idrogeno	H	Tracce
Elio	He	Tracce

Tabella 2
I componenti variabili dell'aria

Componenti	Formula	Quote di concentrazione
Ozono	O ₃	da 25 a 70 km
Vapor d'acqua	H ₂ O	fino ai 12-18 km
Pulviscolo	NaCl,C, ecc.	nei primi km

Tabelle tratte da: Fantauzzo, "Dalla brezza all'uragano", pag. 6

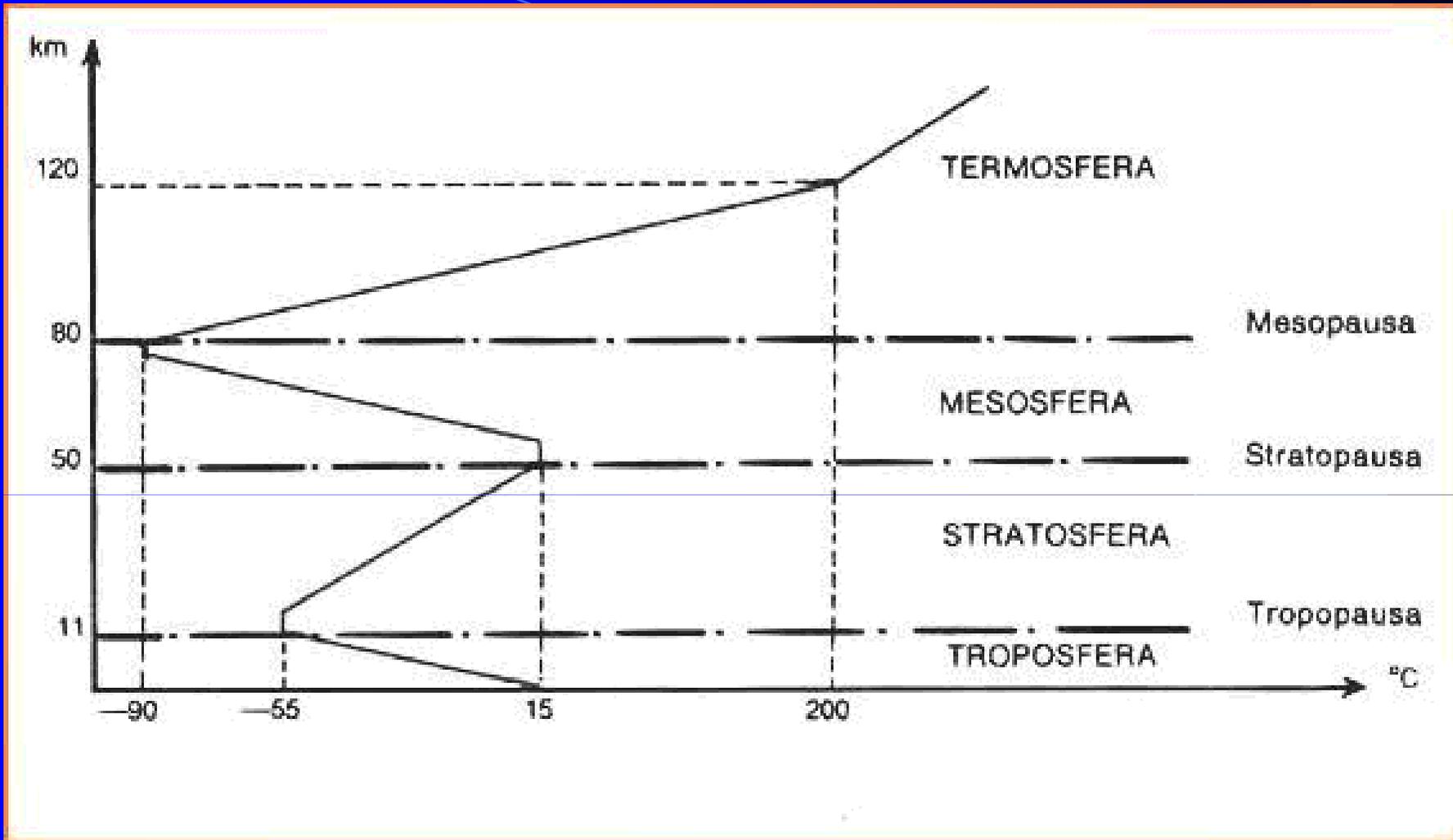
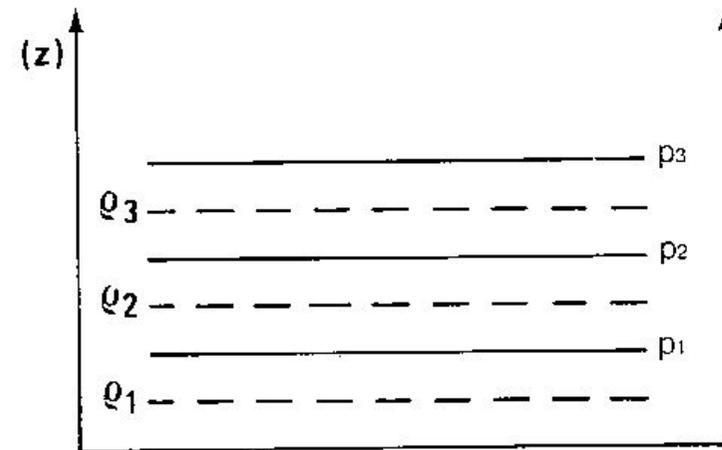


Grafico tratto da: *“Manuale dell’Ufficiale di Rotta”*, pag. 642

Atmosfera barotropica



Parametro	Valore
Pressione al LMM Pressure at sea level	1013,25 hPa 29.92 inches (Hg)
Gradiente barico verticale Pressure vertical gradient	11,1 hPa/100 m 1 inch per 1,000 feet
Temperatura al suolo Temperature at sea level	+ 15° C + 59° F
Gradiente termico verticale Temperature lapse rate	0,65° C/100 m 3.5°F per 1,000 feet
Altitudine della Tropopausa Tropopause altitude	11.000 m 36,089 feet
Temperatura della Tropopausa Tropopause temperature	- 55° C - 67° F

**Valori dell'atmosfera standard,
concordati internazionalmente**

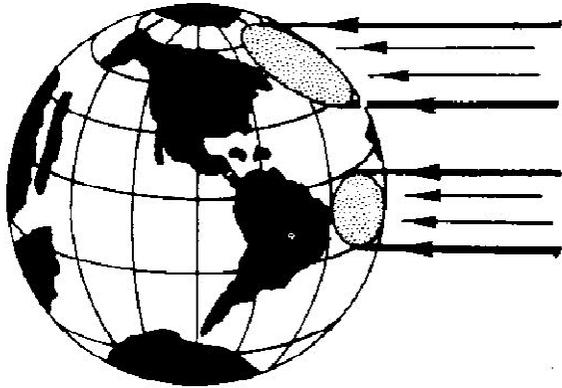
Come conseguenza diretta di diversi fattori quali la latitudine, le stagioni, la diversa risposta termica di terra (foreste, deserti, praterie, etc) e oceani, si manifesta una difformità di riscaldamento nella troposfera.

Per tale motivo si generano masse d'aria che, per la diversità di valore della **temperatura** che esse presentano, prendono il nome di **masse d'aria calde e fredde**.

La forte evaporazione presente negli oceani alle basse e medie latitudini conferisce **umidità** all'atmosfera: si avranno **masse d'aria umide e secche**.

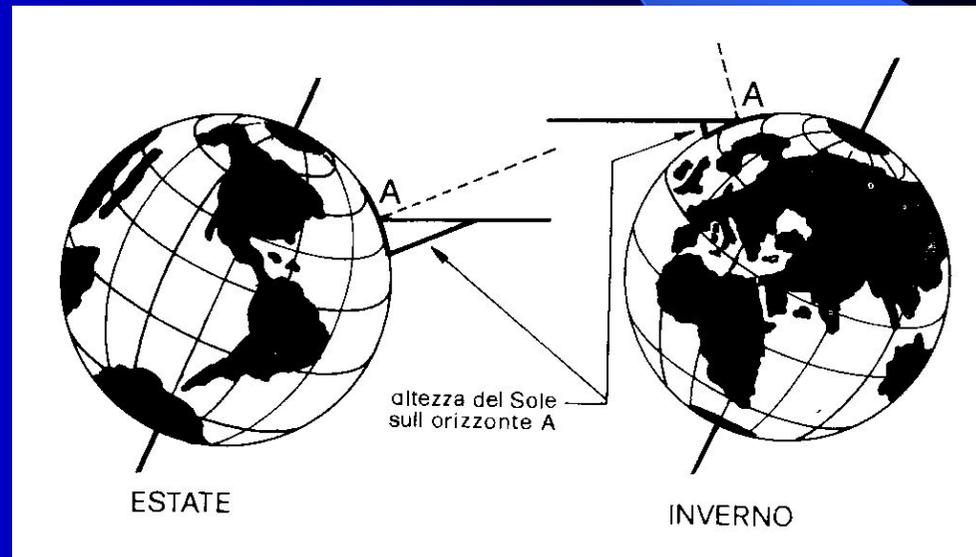
Le diverse combinazioni di aria calda/fredda/secca/umida conferiscono differenti densità alle masse d'aria e pertanto cambia la **pressione** che queste masse esercitano al suolo e in quota.

Effetti della temperatura



Uguali quantità di energia solare si distribuiscono su superfici diverse, a seconda della latitudine e della declinazione del sole

Variatione dell'altezza del sole durante l'anno



Andamento diurno della temperatura dell'aria

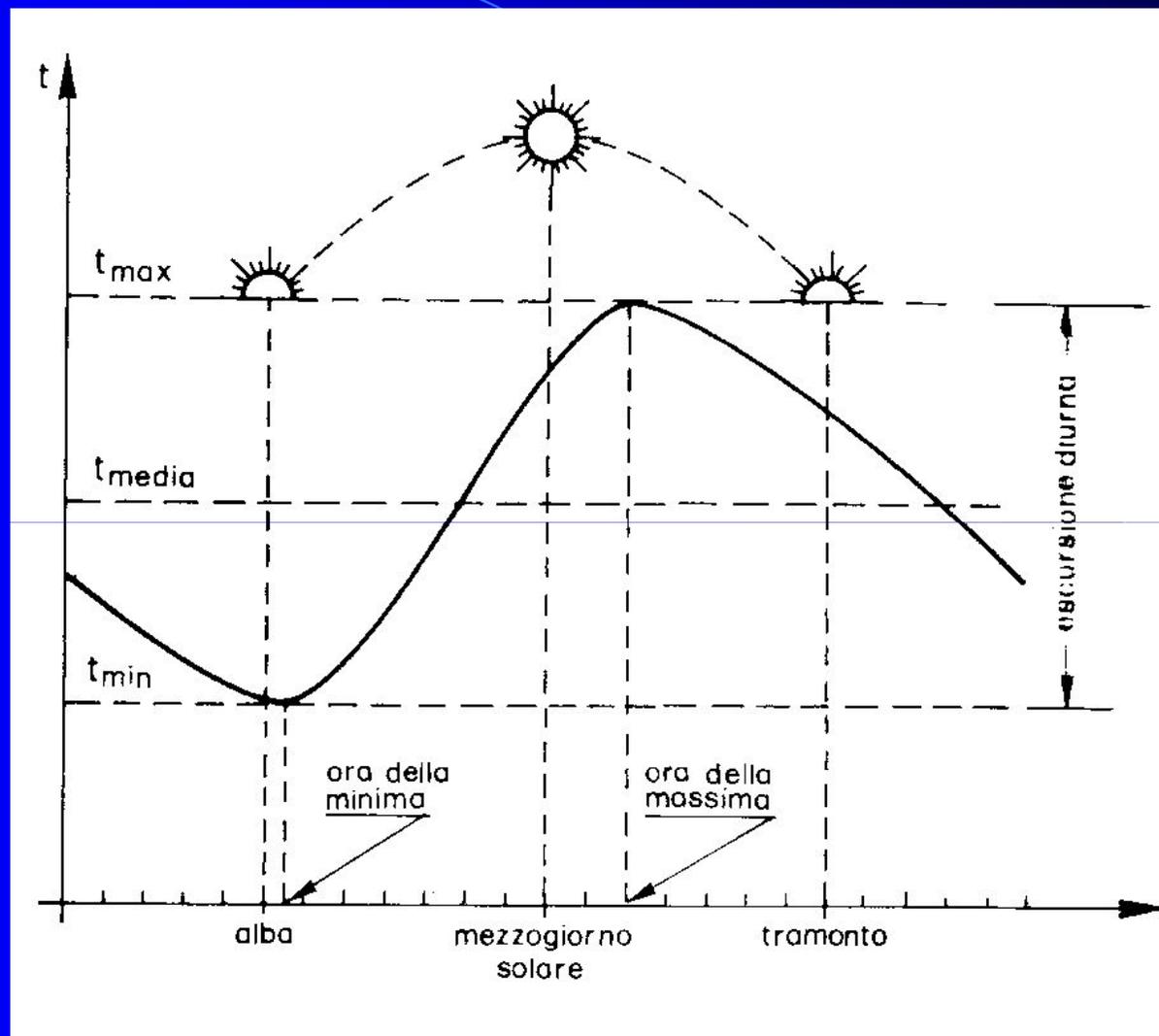


Figura tratta da: Fantauzzo, "Dalla brezza all'uragano"

Variazione dell'escursione termica diurna con la latitudine

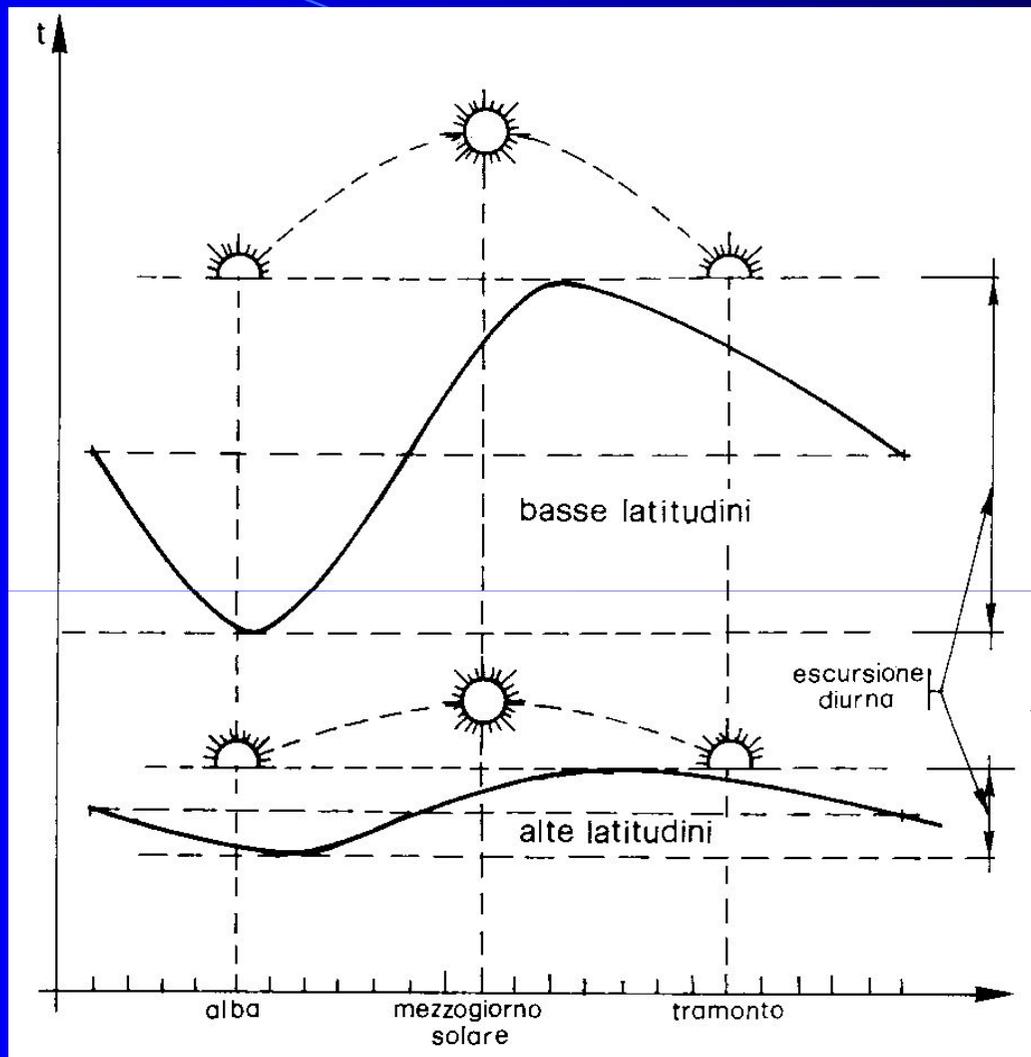
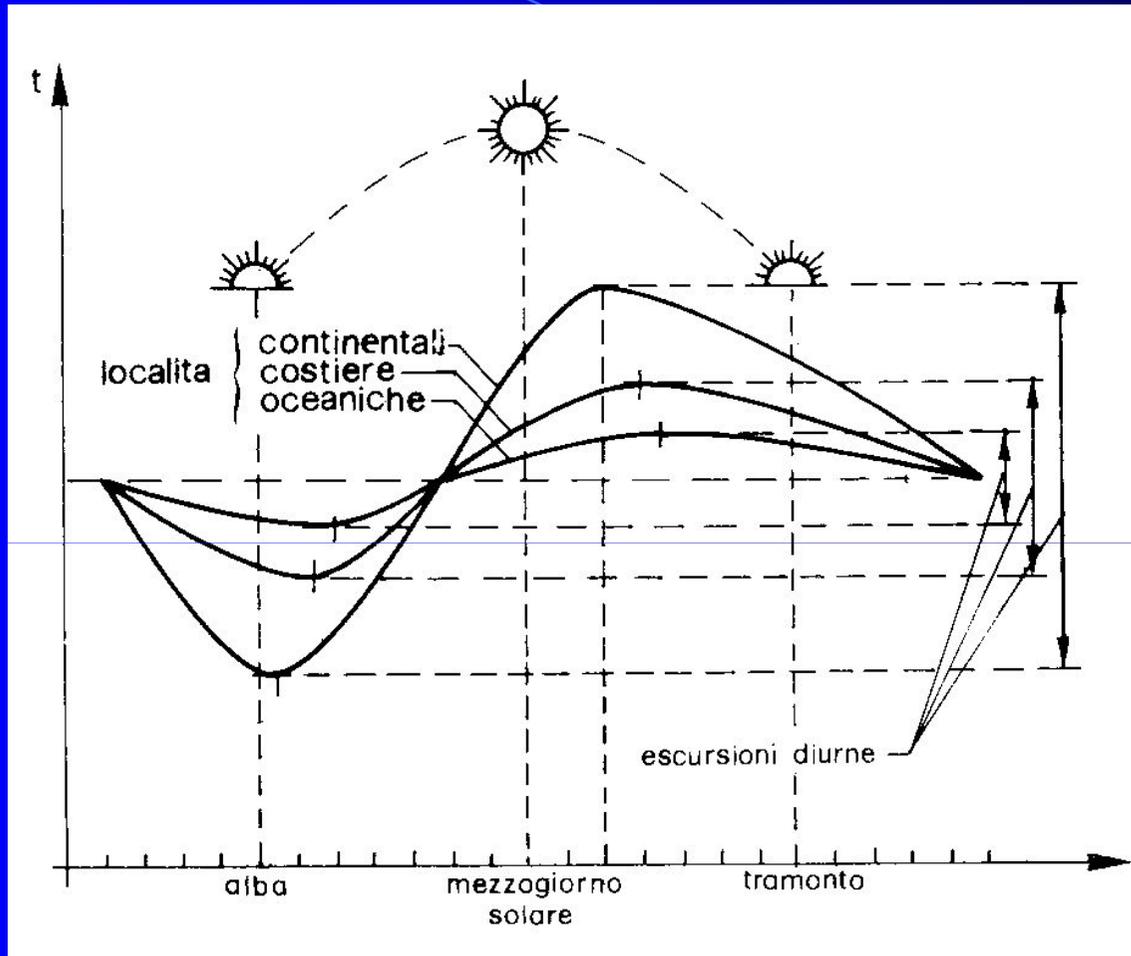


Figura tratta da: Fantauzzo, *“Dalla brezza all’uragano”*

Influenza del mare (azione mitigatrice)



Andamento della temperatura in differenti località che hanno la stessa insolazione

Figura tratta da: Fantauzzo, *“Dalla brezza all’uragano”*

Variazione della temperatura con la quota

In conseguenza del particolare meccanismo di riscaldamento dell'atmosfera, la temperatura dell'aria decresce dal suolo sino alla tropopausa.

L'entità della diminuzione della temperatura con la quota, costituisce l'elemento fondamentale alla base dei moti verticali dell'aria ed un prezioso indice per la stabilità o instabilità dell'atmosfera

Gradiente termico verticale ed inversioni

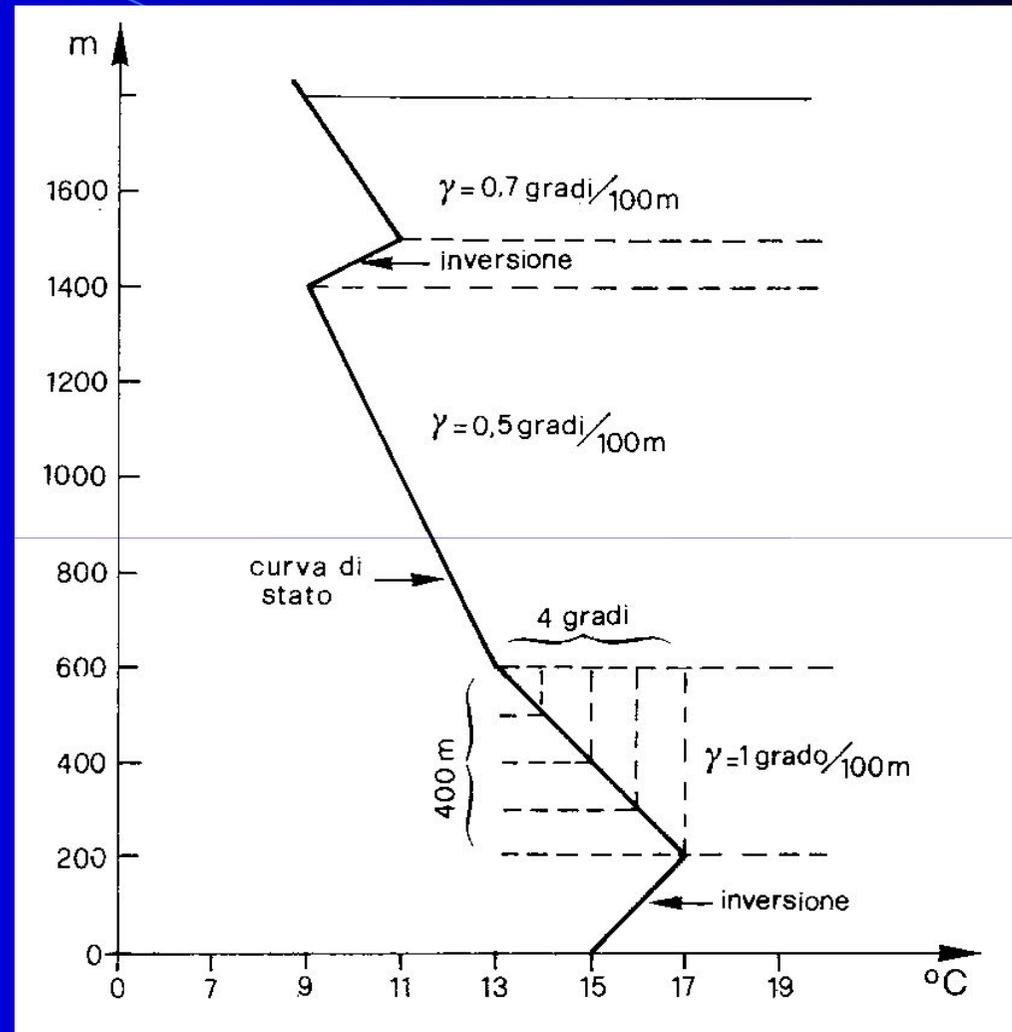
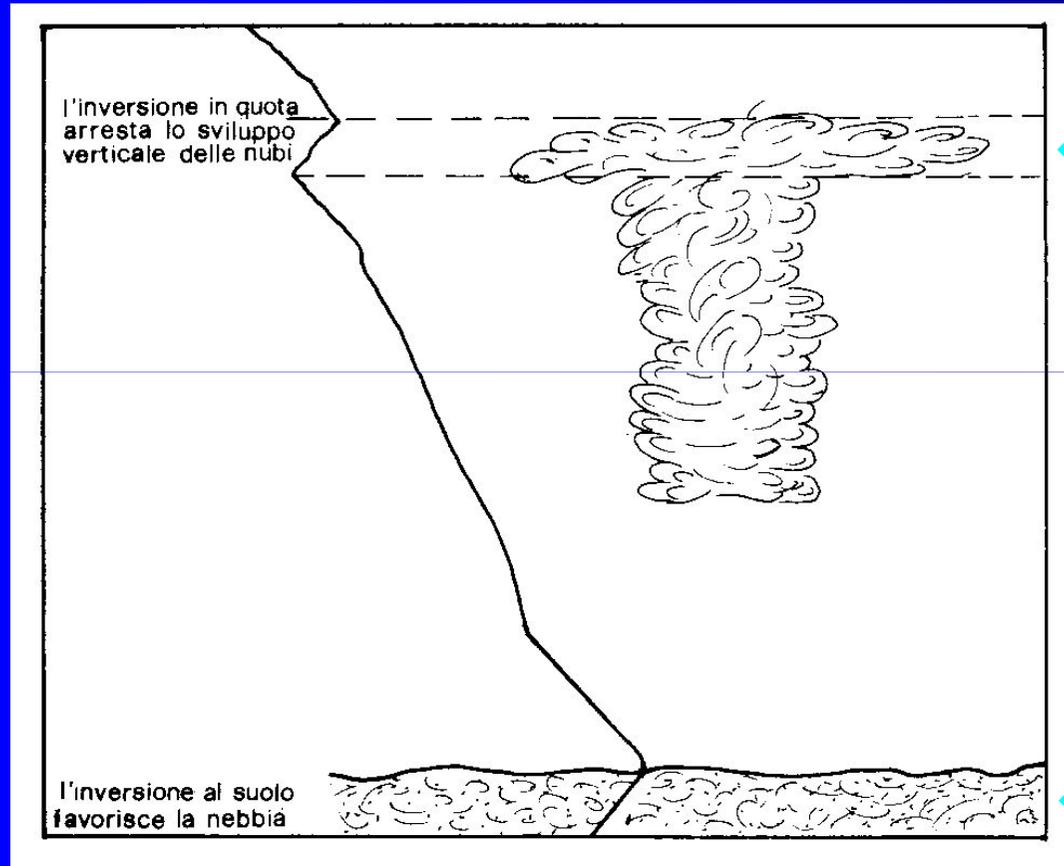


Figura tratta da: Fantauzzo, "Dalla brezza all'uragano"

Effetti al suolo ed in quota delle inversioni termiche



Le inversioni in quota si hanno generalmente quando uno strato d'aria calda affluisce in quota, al di sopra di strati più freddi (ad esempio nelle depressioni che interessano le latitudini medie, davanti al cosiddetto fronte caldo).

Eccessivo raffreddamento del suolo (ad esempio di inverno nelle notti calme e serene con scarsa umidità), che causa un raffreddamento degli strati d'aria più prossimi al terreno.

Figura tratta da: Fantauzzo, *“Dalla brezza all’uragano”*

La pressione atmosferica

Poiché la naturale tendenza dei gas ad occupare il massimo spazio possibile aumenta con il crescere della temperatura, a **parità di volume** l'aria calda conterrà **meno molecole ed eserciterà sull'unità di superficie una pressione minore** rispetto ad una corrispondente colonna di aria fredda.

La differente pressione esercitata dalle masse d'aria crea, nell'atmosfera, moto delle particelle e spostamento di masse d'aria.

Nell'atmosfera è pertanto presente un complesso sistema di **basse ed alte pressioni** in continuo movimento.

Questi movimenti non hanno carattere totalmente casuale ma sono riassumibili in questo **modello generale di circolazione**.

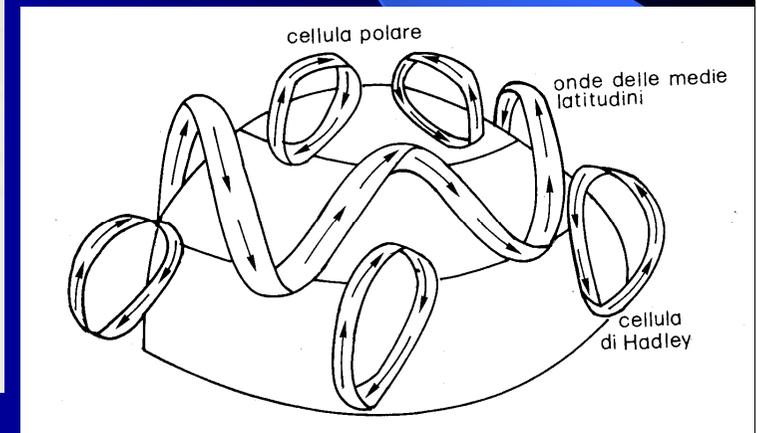
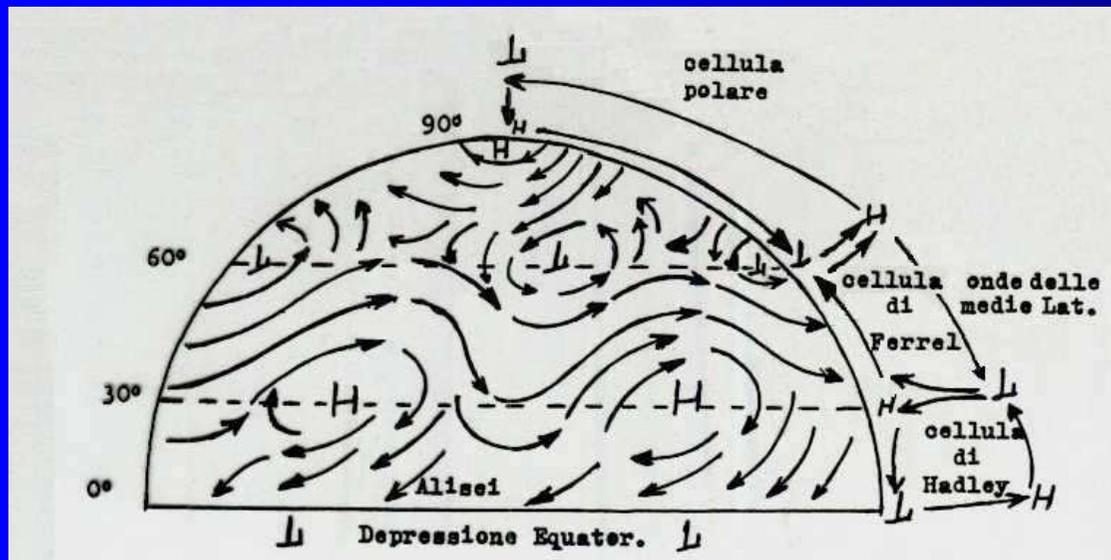


Figura tratta da: Fantauzzo,
"Dalla brezza all'uragano", pag. 186

La circolazione generale dell'atmosfera è regolata, perlopiù, dai seguenti fattori:

- **La forza dovuta al gradiente barico orizzontale:** quando in due luoghi vicini si verifica una differenza di pressione, l'aria si sposta dalle zone a pressione più alta verso le zone a pressione più bassa per ristabilire l'equilibrio. Il gradiente è la forza principale che origina e alimenta il vento.
- **L'attrito con la superficie terrestre (e con i suoi rilievi):** l'attrito delle masse d'aria con le rugosità della superficie terrestre contribuisce a modificare i loro movimenti. Solo i livelli dell'atmosfera più bassi (primi 1.000-1.500 metri) sono influenzati dall'attrito.
- **La forza di Coriolis**

L'entità della forza di Coriolis è data dalla relazione:

$$D = 2 * V * \rho * \omega * \text{sen}\phi$$

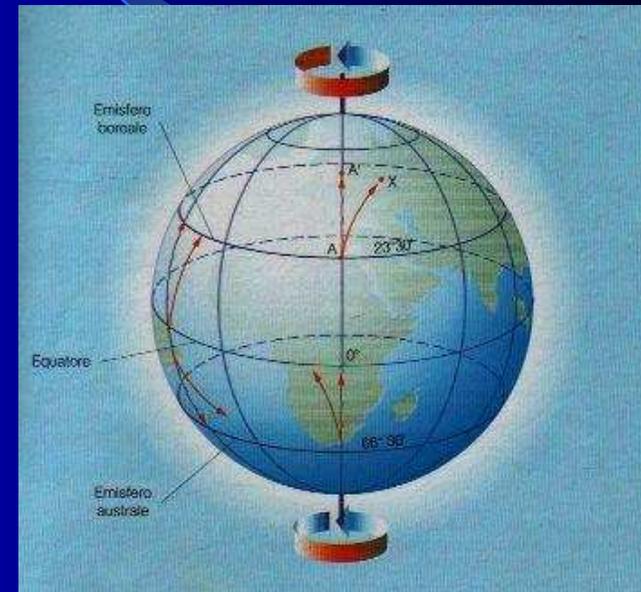
Dove:

V= velocità della particella d'aria in movimento rispetto alla Terra

ρ = densità dell'aria

ω = velocità angolare costante della Terra

ϕ = latitudine



Tale forza risulta massima ai poli e nulla all'equatore. Essa fa deviare verso destra nell'emisfero settentrionale e verso sinistra in quello meridionale le masse d'aria che si muovono per differenza di pressione.

A causa dell'inegale riscaldamento della superficie terrestre ad opera del Sole, in corrispondenza delle zone equatoriali si ha un innalzamento delle masse d'aria calda che fluiscono verso nord una volta in quota per poi ri-precipitare verso la superficie terrestre in prossimità delle zone polari.

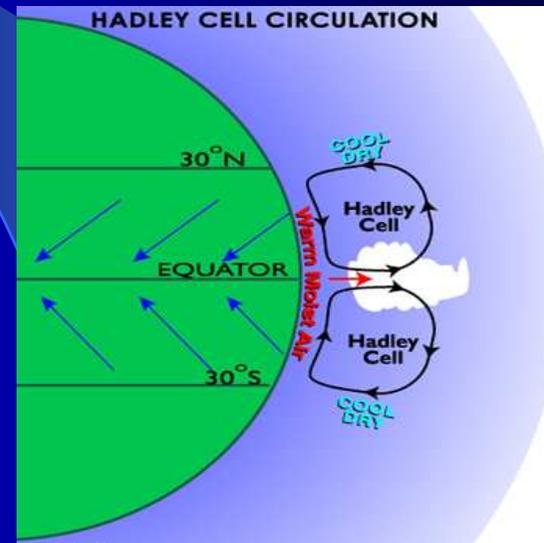
Nella metà del 1700 il ricercatore inglese Hadley tracciò uno schema che definisce una circolazione chiusa, nota proprio con il nome di «*Cellula di Hadley*» .

In questo schema bisogna tenere conto del fatto che le superfici continentali e quelle oceaniche danno risposte termiche diverse.

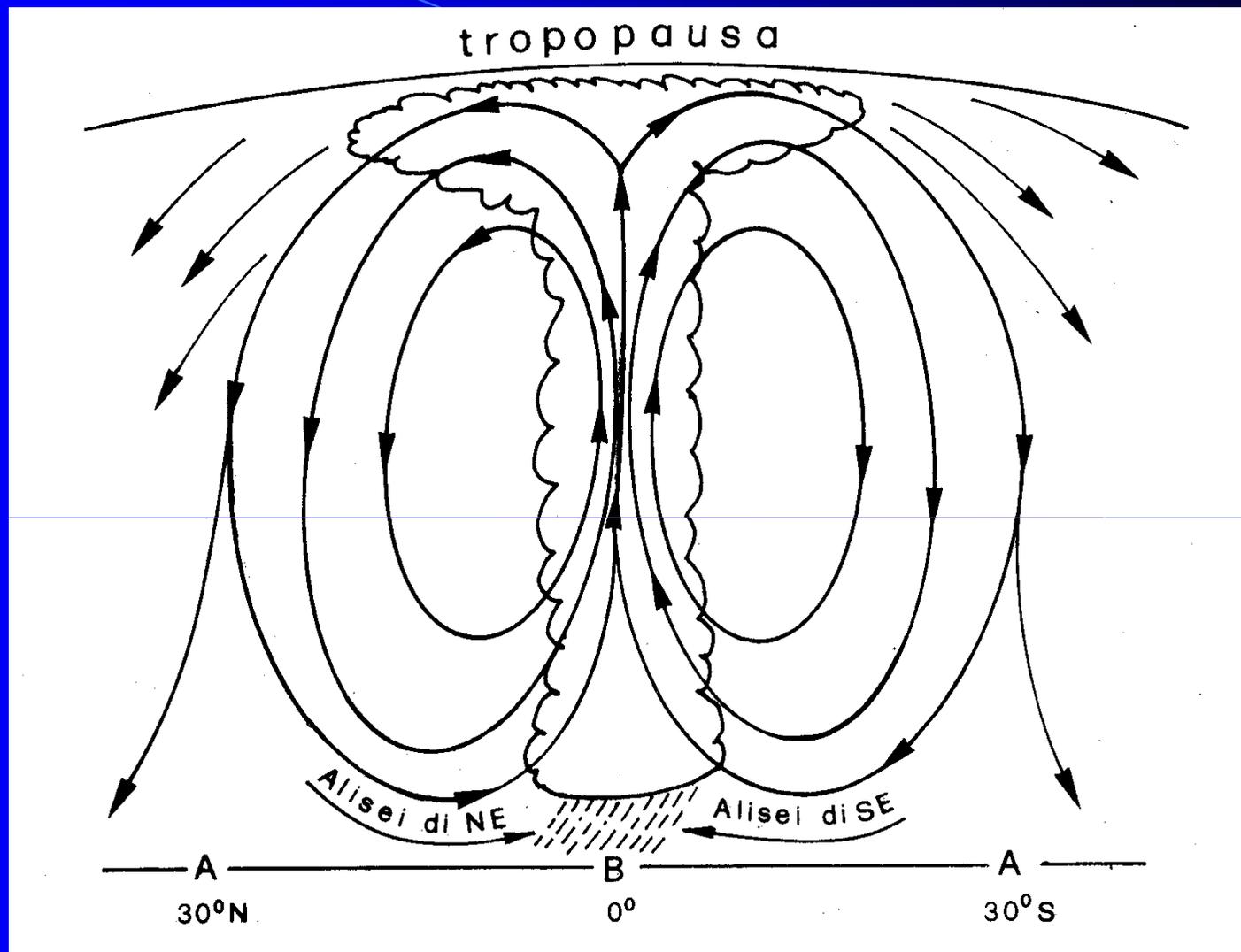
Le masse continentali si riscaldano più velocemente di quelle marine, riscaldando rapidamente anche le masse d'aria sovrastanti.

Lo stesso avviene quando l'effetto dell'insolazione cessa o si riduce, e con la stessa velocità le masse continentali e le sovrastanti masse d'aria si raffreddano.

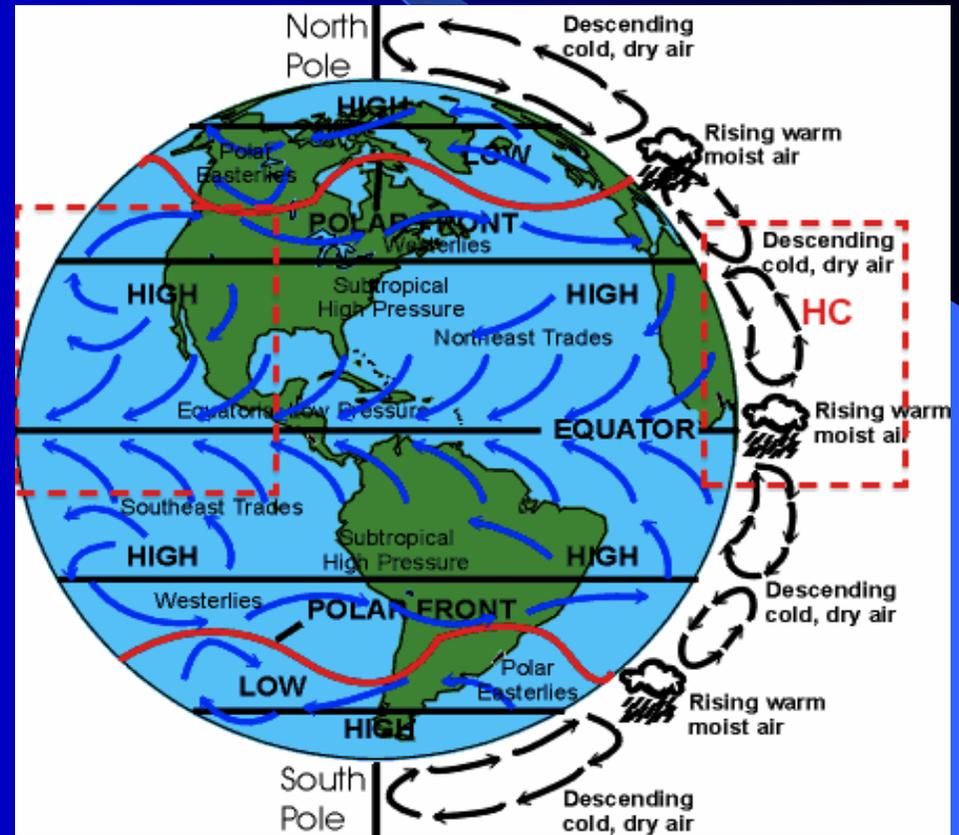
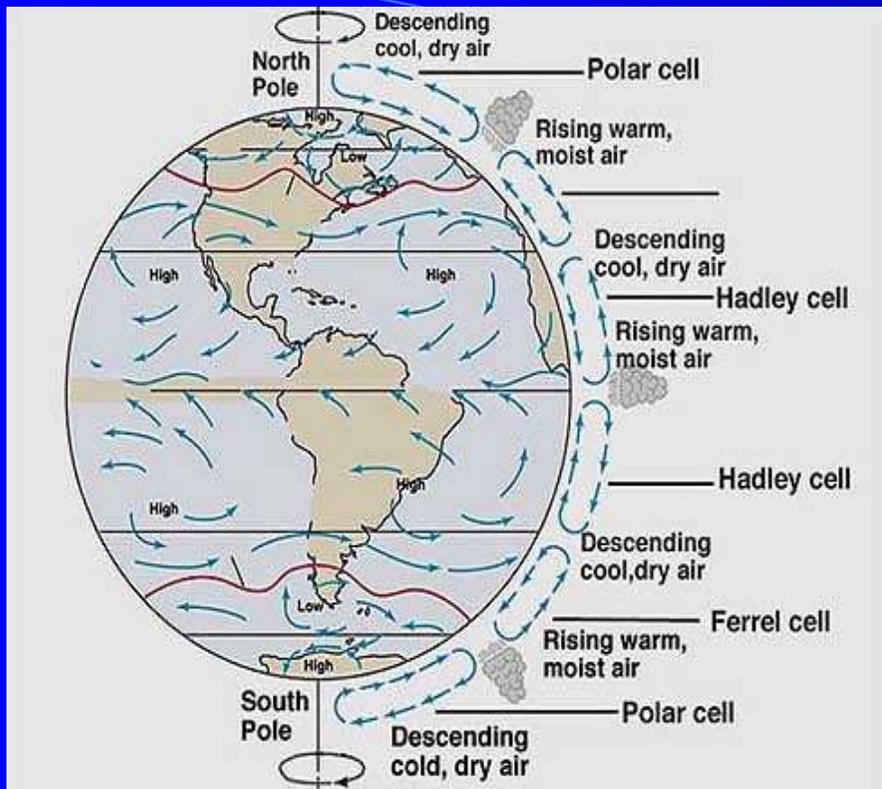
Si può dunque comprendere quanto sia difficile inquadrare e prevedere l'andamento dei moti atmosferici, e derivarne eventuali modelli fisico-matematici, influenzati da una vasta gamma di fattori.



Schema riassuntivo della circolazione tropicale



Disegno tratto da: Fantauzzo, *"Dalla brezza all'uragano"*, pag. 190



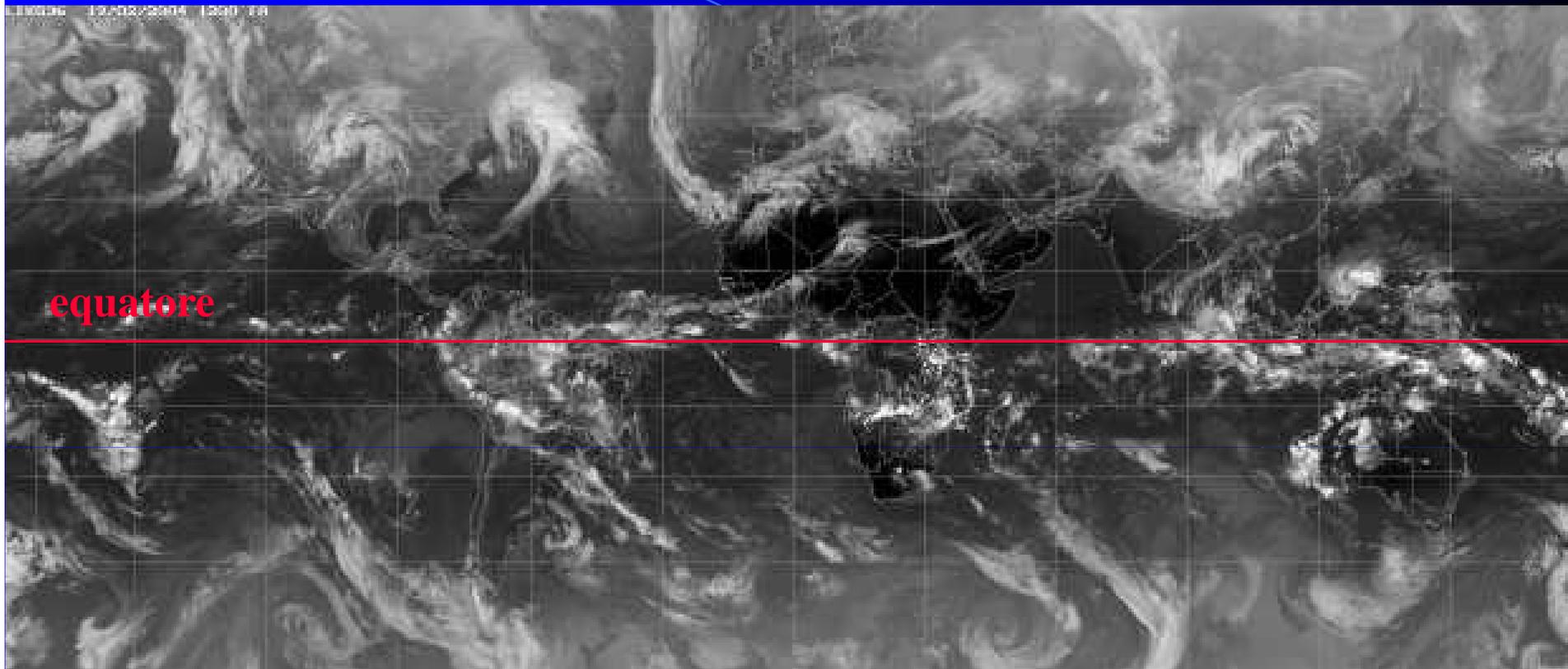


Immagine da satellite (canale infrarosso) del febbraio 2004
Da sito internet <http://www.met-office.gov.uk/weather/satellite/index.html>

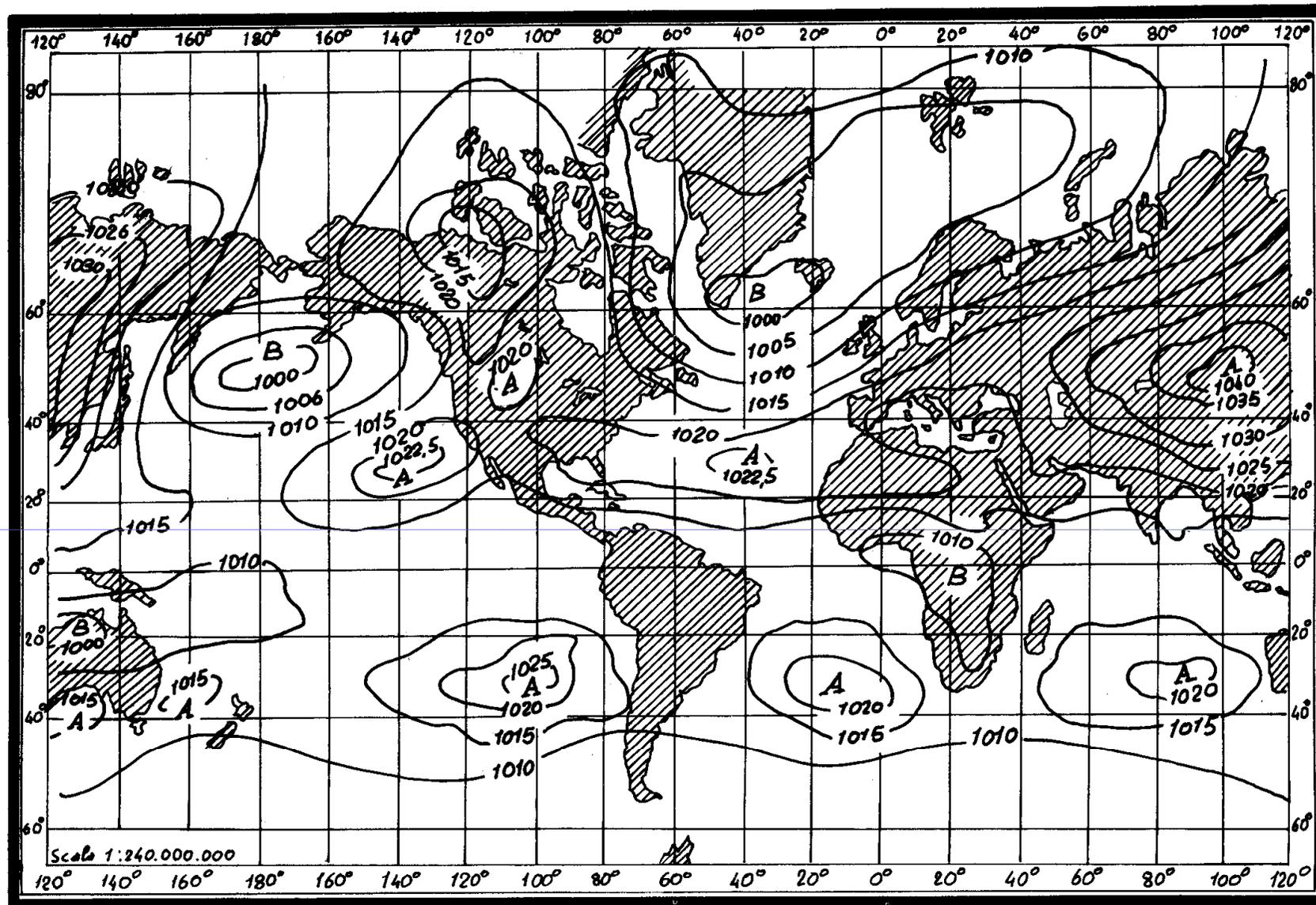


Fig. 4.18 b) - Isobare medie di gennaio

Figura tratta da: Fantauzzo, *“Dalla brezza all’uragano”*, pag. 68

Meteorologia marittima per PAS

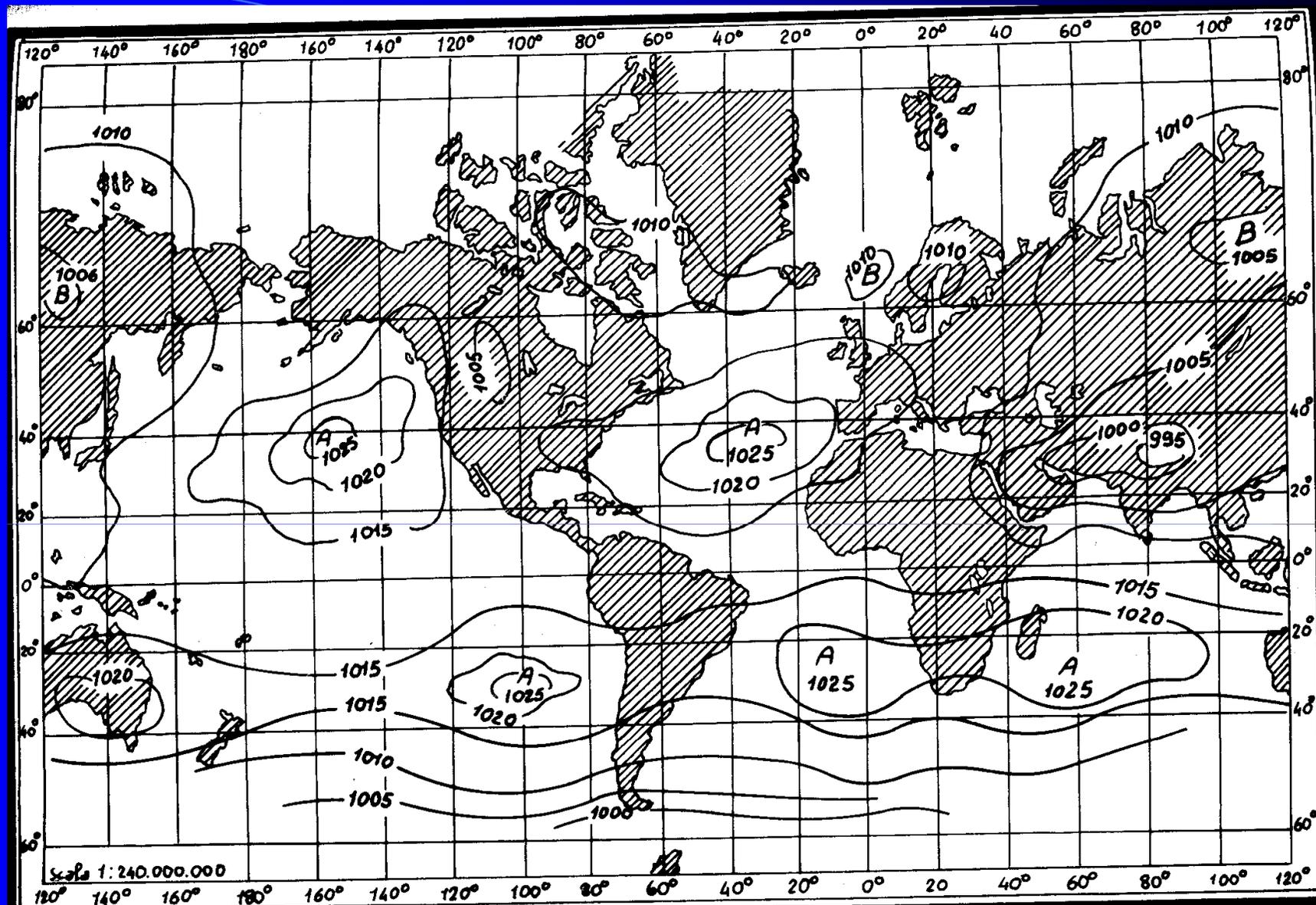
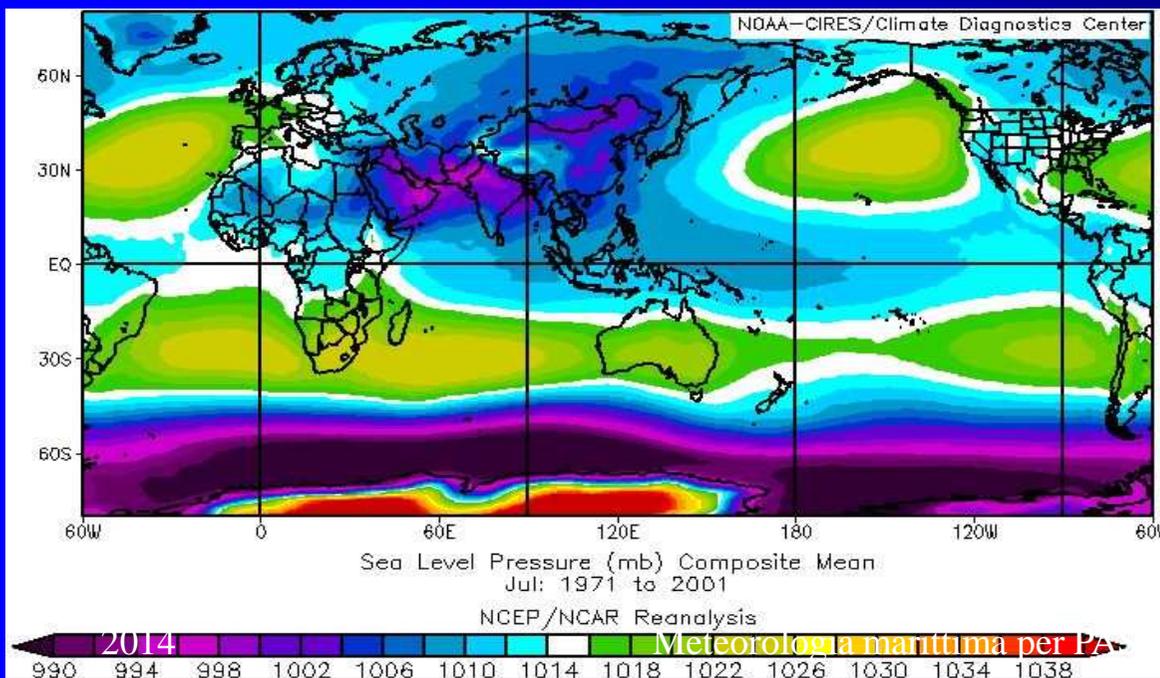
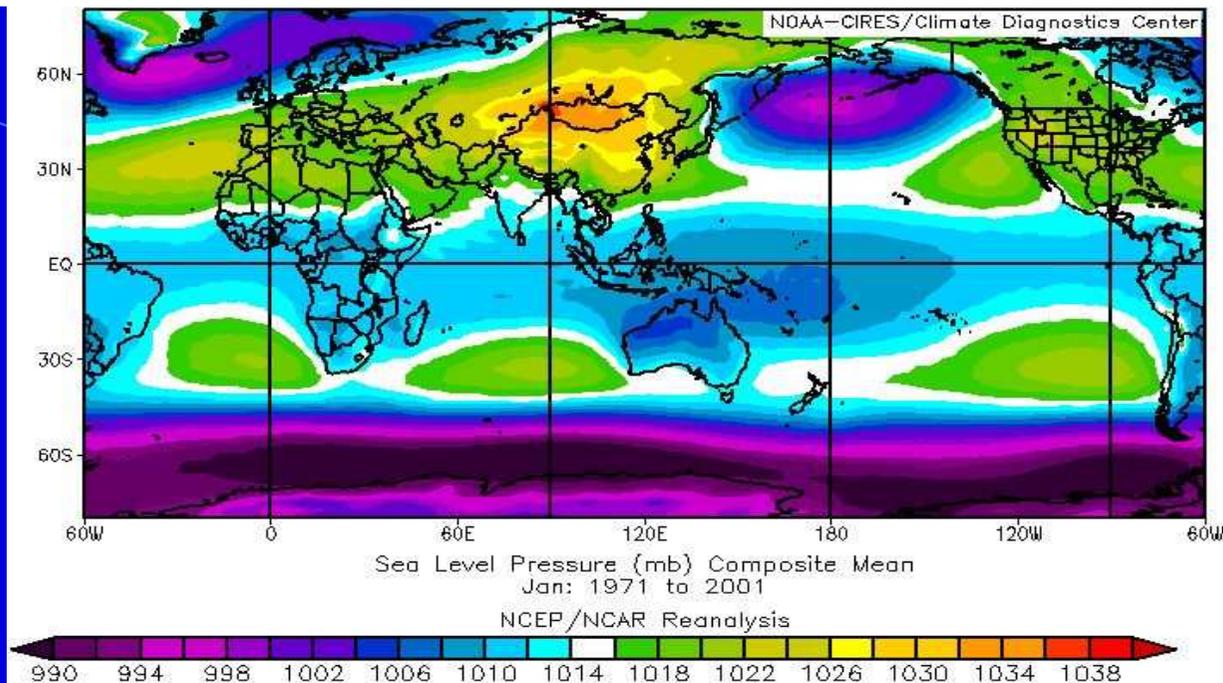


Fig. 4.18 a) - Isobare medie di luglio

Figura tratta da: Fantauzzo, "Dalla brezza all'uragano", pag. 67

Meteorologia marittima per PAS

**Campo medio globale della pressione
al livello del mare a gennaio.**



**Campo medio globale della pressione
al livello del mare a luglio.**

A mercurio

La pressione $p = \rho * g * h$ è misurata tramite i barometri, ed è espressa in *hectoPascal* (hPa) (in passato era espressa in millibar, 1mb=1hPa). La pressione al suolo assume valori compresi tra 950 e 1060 hPa; il valore medio è 1013. La pressione decresce con la quota in ragione di circa 1 hPa ogni 10 metri.

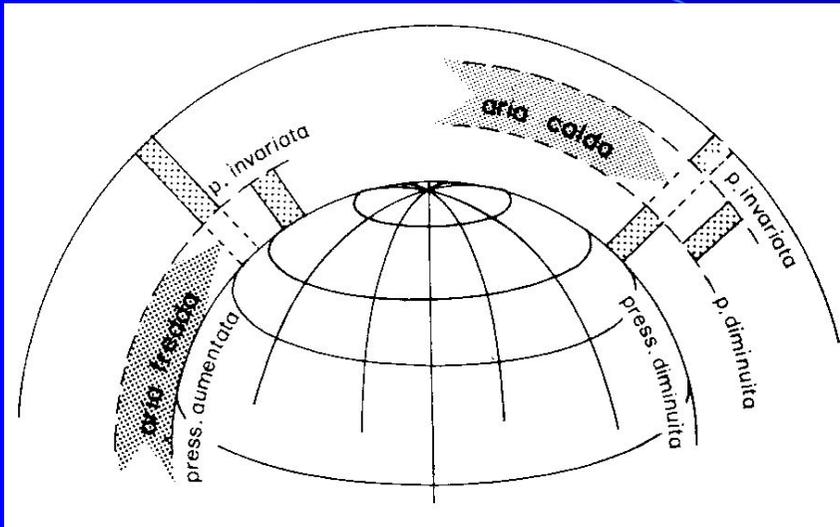
Barografo



Aneroide

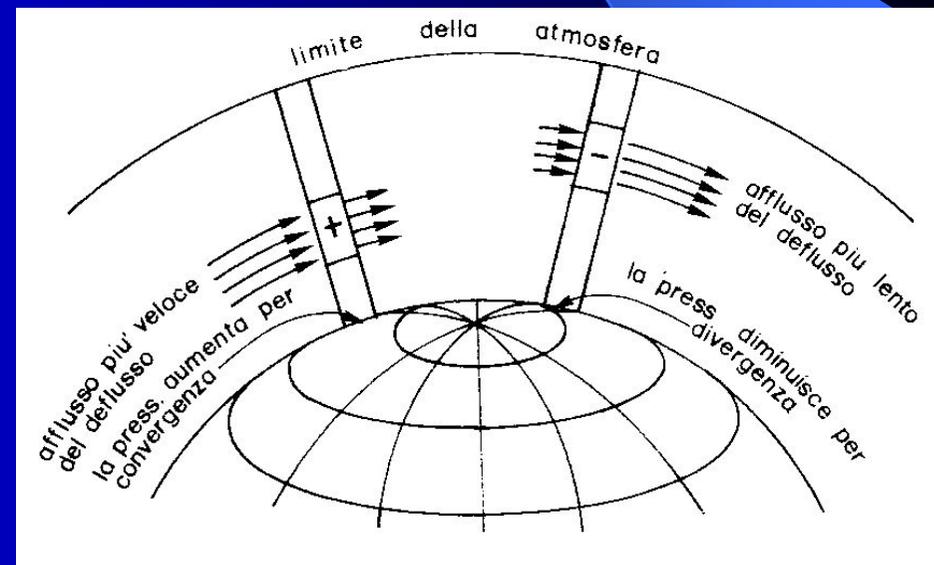


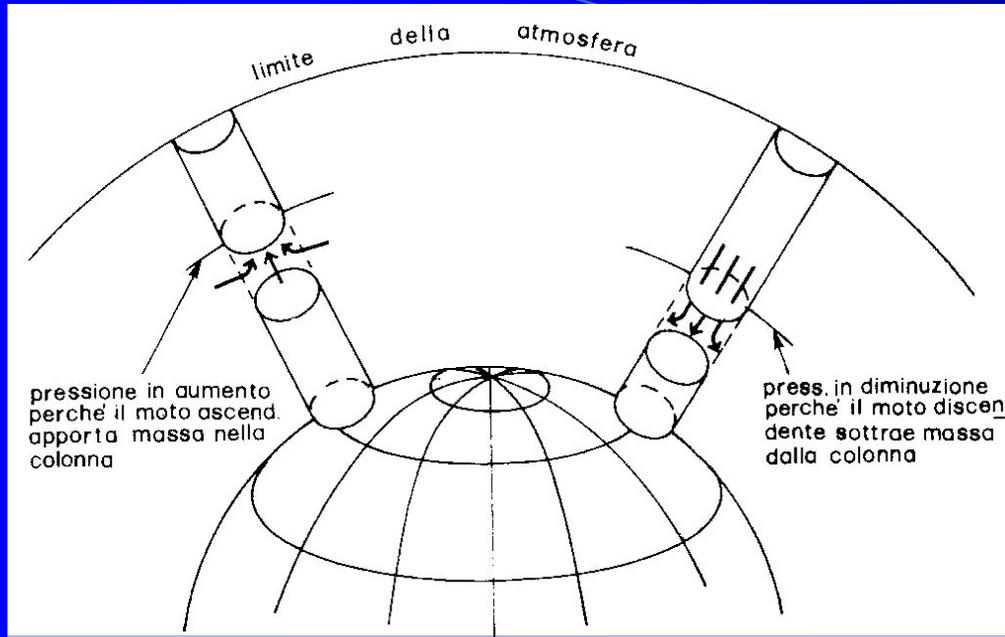
Le cause della variazione della pressione



Per avvezione di aria
“relativamente” calda
o di aria “relativamente”
fredda

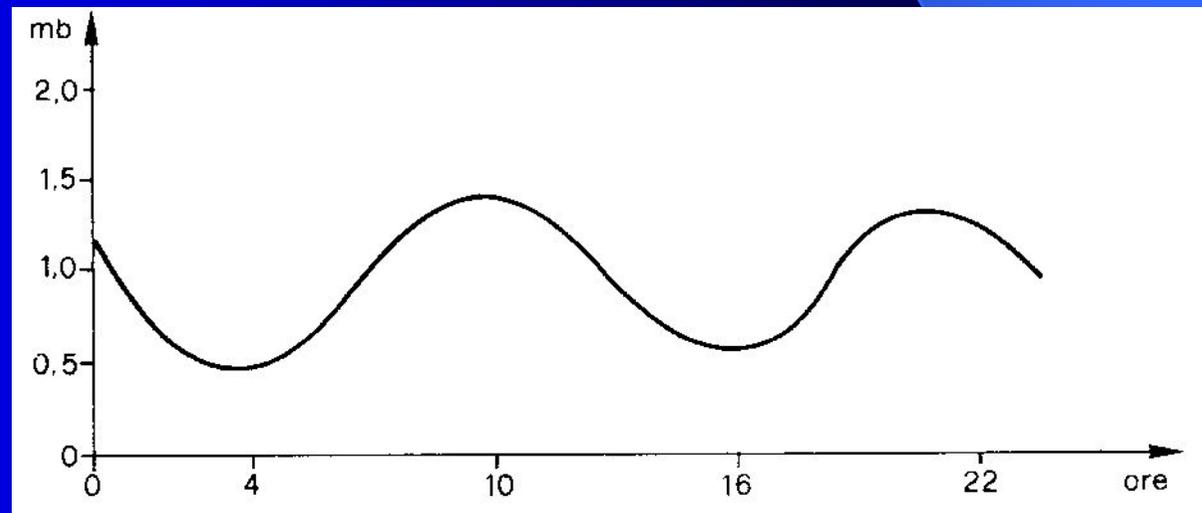
Per convergenza o divergenza





Per variazioni di pressione causate dai moti verticali dell'aria (equazioni di Margules e Bjerknes)

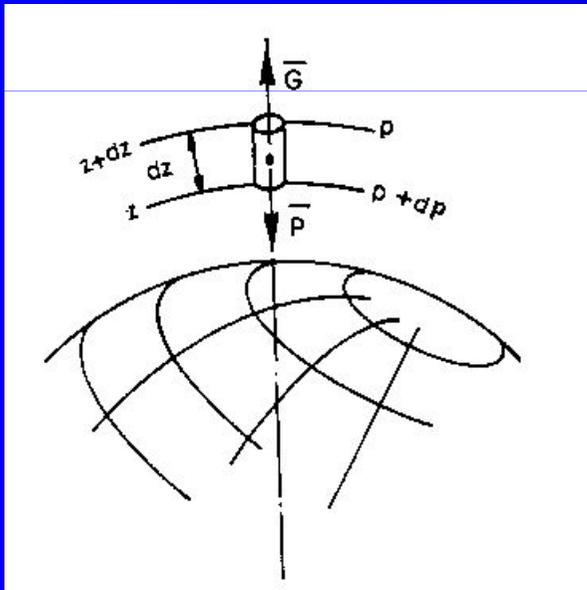
Esempio di variazioni diurna della pressione al suolo, alle medie latitudini. Alle basse latitudini può essere di 2-3 Hpa



La legge fondamentale della statica dell'atmosfera

Si consideri un cilindretto d'aria in una atmosfera barotropica: poiché la pressione lungo la verticale diminuisce con continuità, per quanto sia piccolo il cilindro, esso avrà sulla base inferiore una pressione maggiore di quella esistente sulla base superiore. Se dp indica tale differenza infinitesima di pressione, il cilindretto sarà sottoposto ad una forza G diretta verso l'alto, lungo la verticale.

D'altro canto, per effetto del campo gravitazionale terrestre, il cilindretto d'aria sarà sottoposto alla forza peso P , diretta lungo la verticale, ma verso il basso.



**Legge fondamentale
della statica dell'atmosfera
(in forma differenziale)**

$$\vec{G} + \vec{P} = 0$$

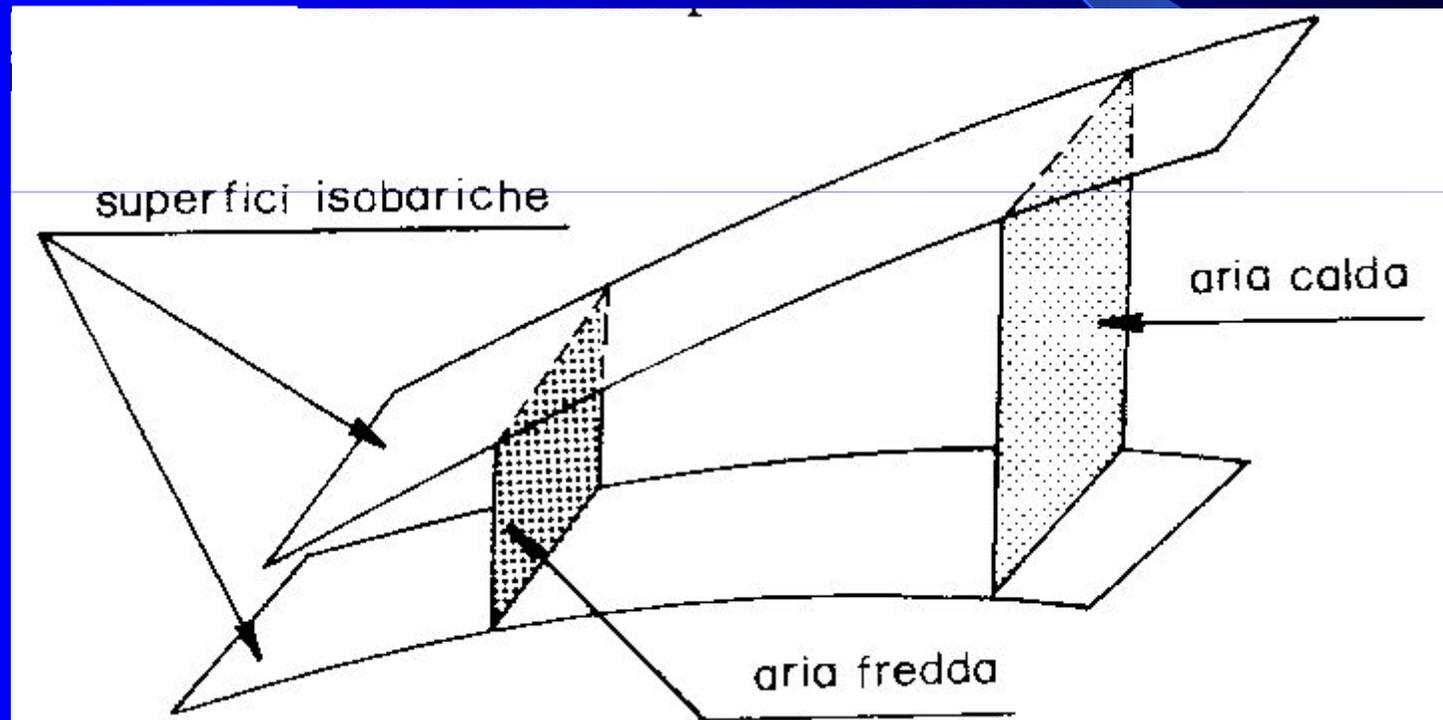
$$dp + \rho \cdot g \cdot dz = 0$$

$$-\frac{dp}{dz} = \rho \cdot g$$

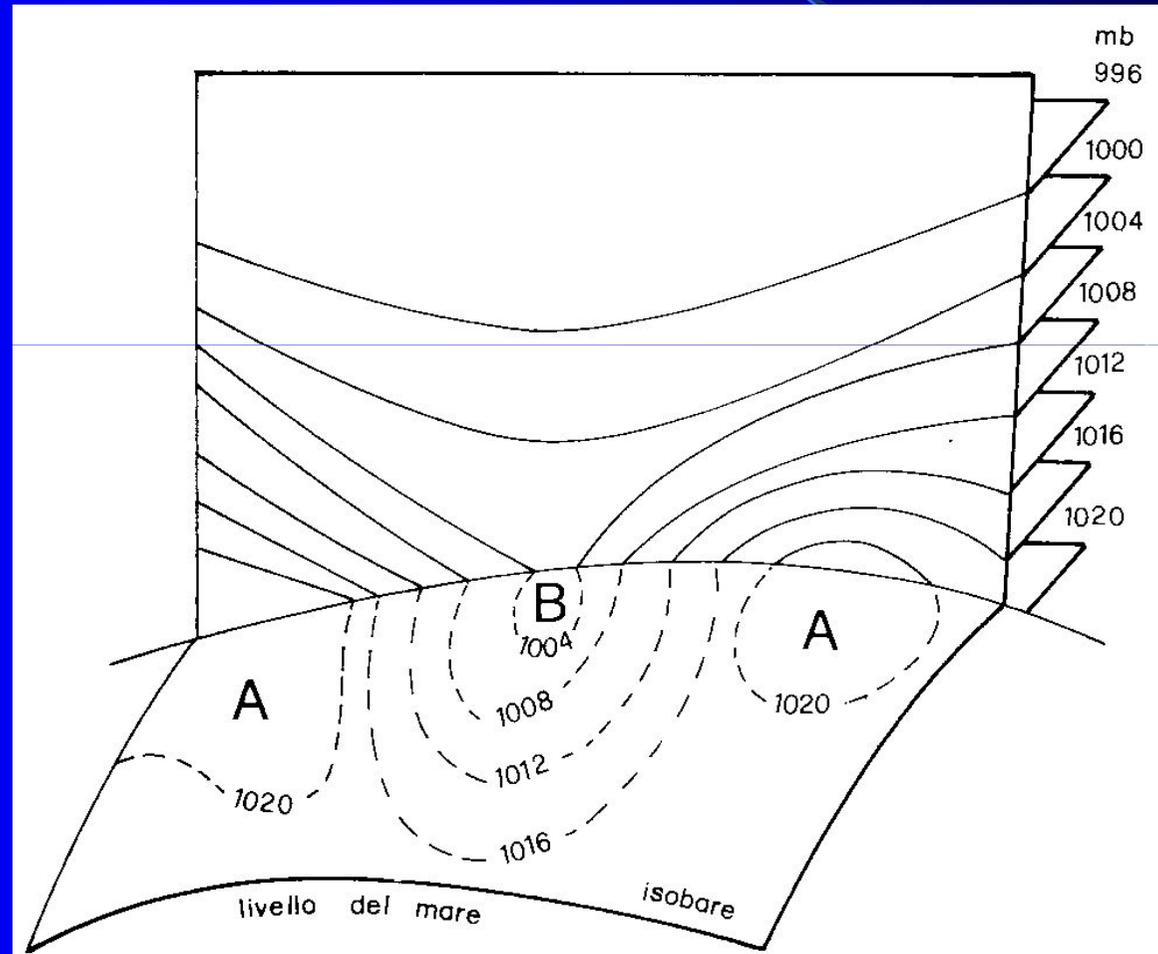
$$-\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta z$$

(in forma finita)

Per effetto della legge fondamentale della statica dell'atmosfera,
la distanza tra due superfici isobariche sarà maggiore laddove la
densità media dello strato sarà minore e cioè dove la temperatura
media dello strato sarà maggiore

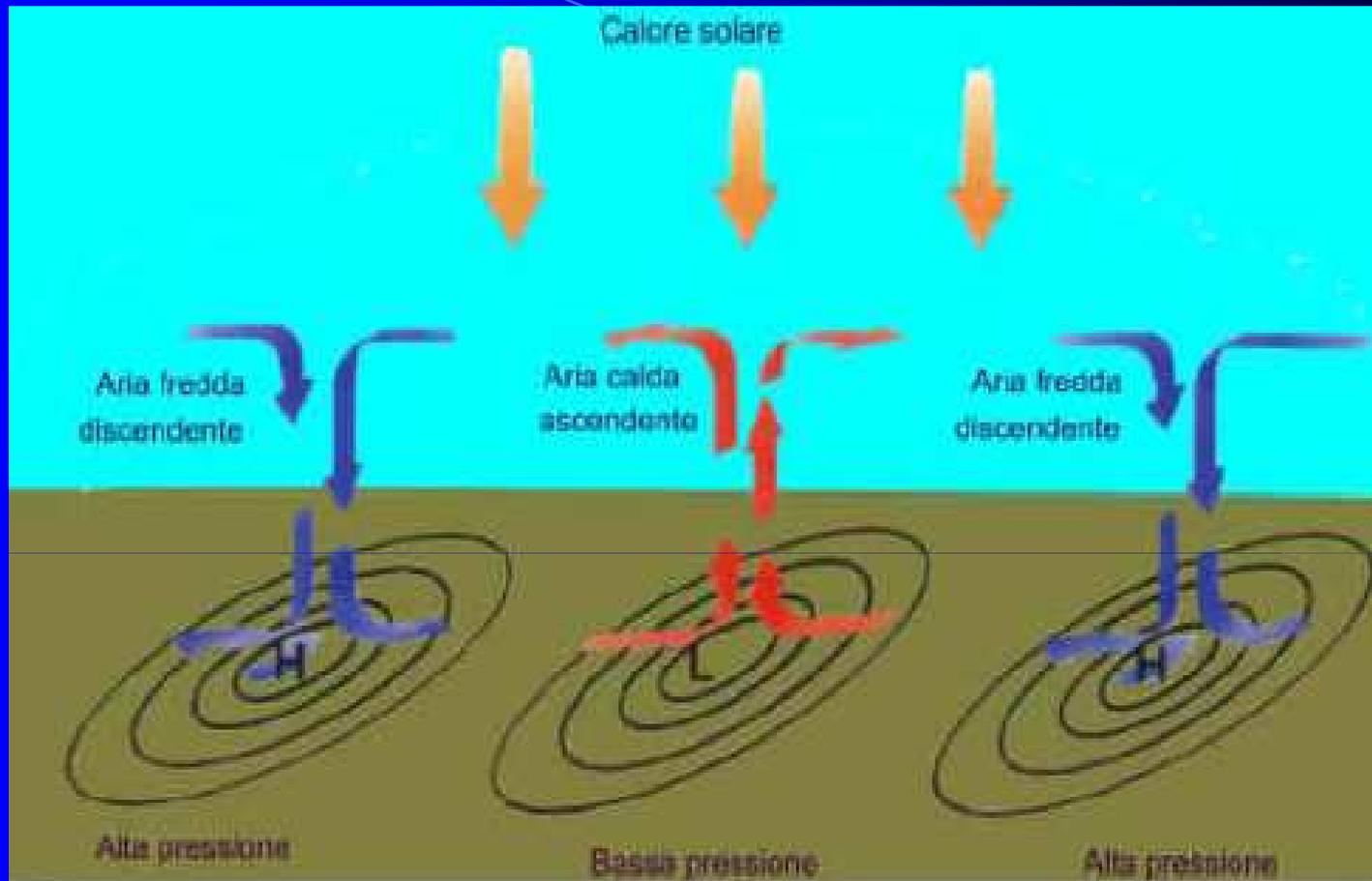


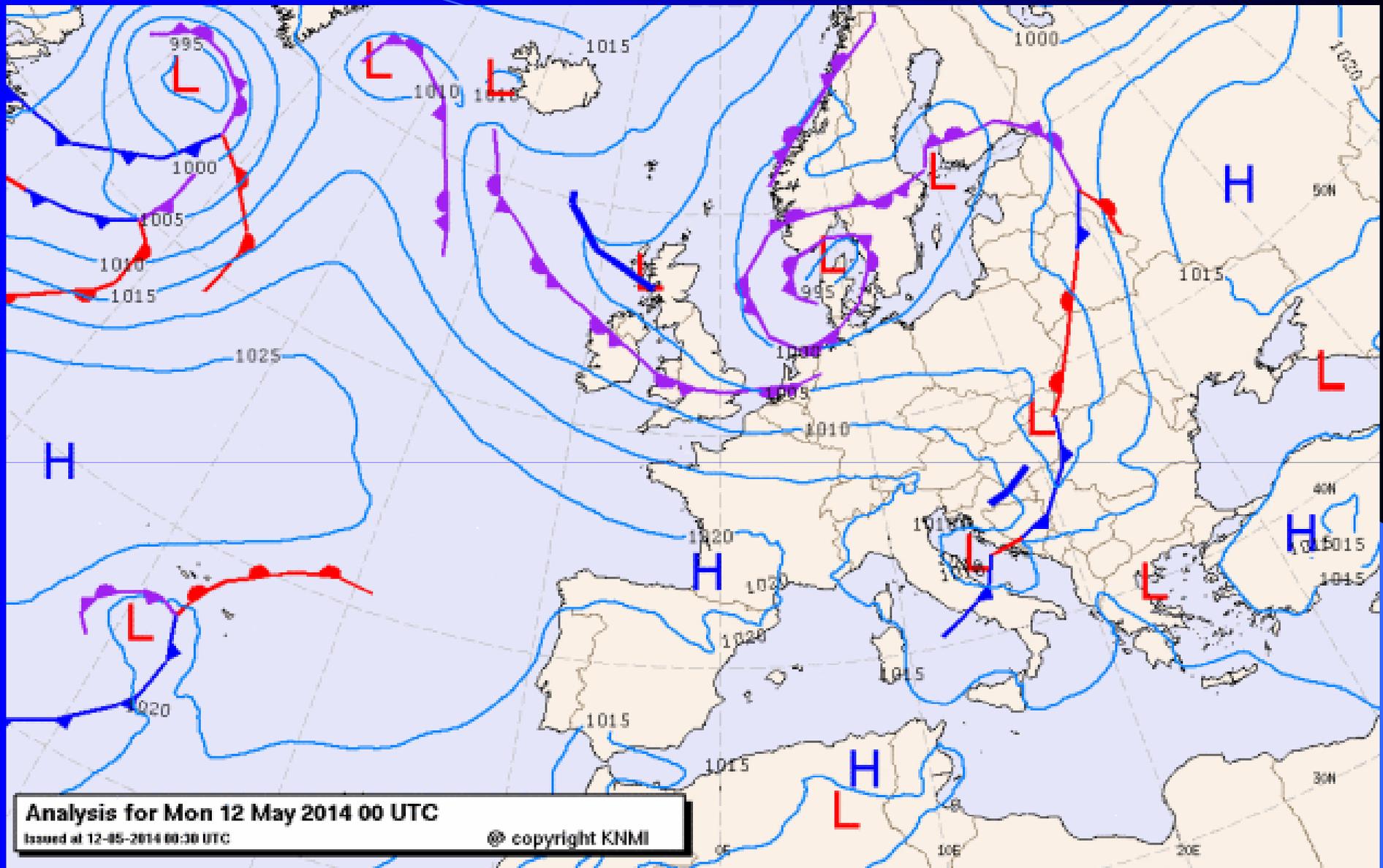
Nell'atmosfera reale (non quella barotropica!), le superfici isobariche vengono deformate dalle differenze termiche e perdono così il “parallelismo” con la superficie terrestre. Quelle più prossime ad essa la intersecano, dando luogo a **isobare** che, nel loro insieme, costituiscono il campo barico al suolo

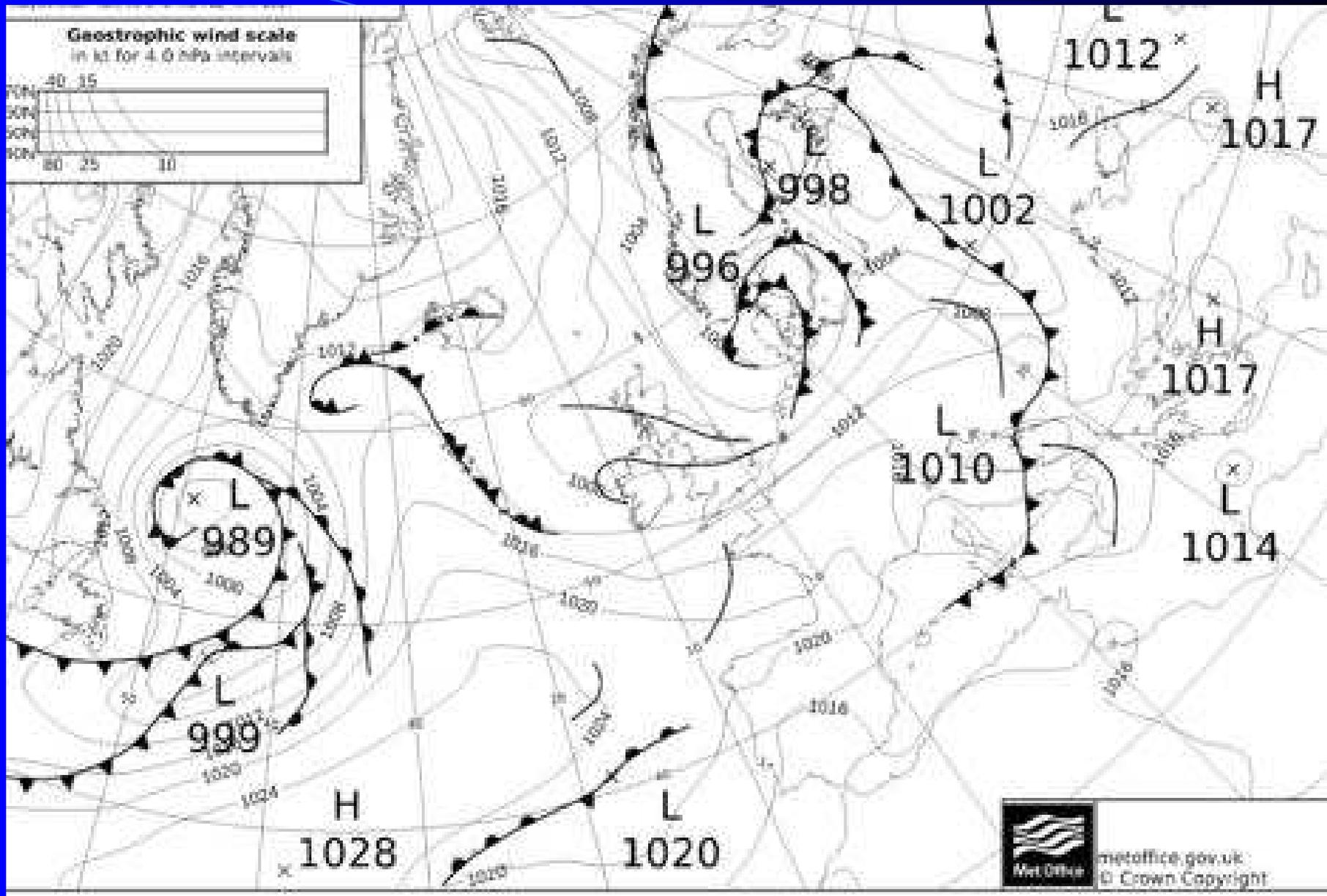


Le configurazioni assunte dai sistemi di alta e bassa pressione vengono tracciate su apposite carte meteo (analisi al suolo) dove vengono riportati i valori di pressione (misurati o previsti) e tracciate le isobare (linee di ugual pressione atmosferica).

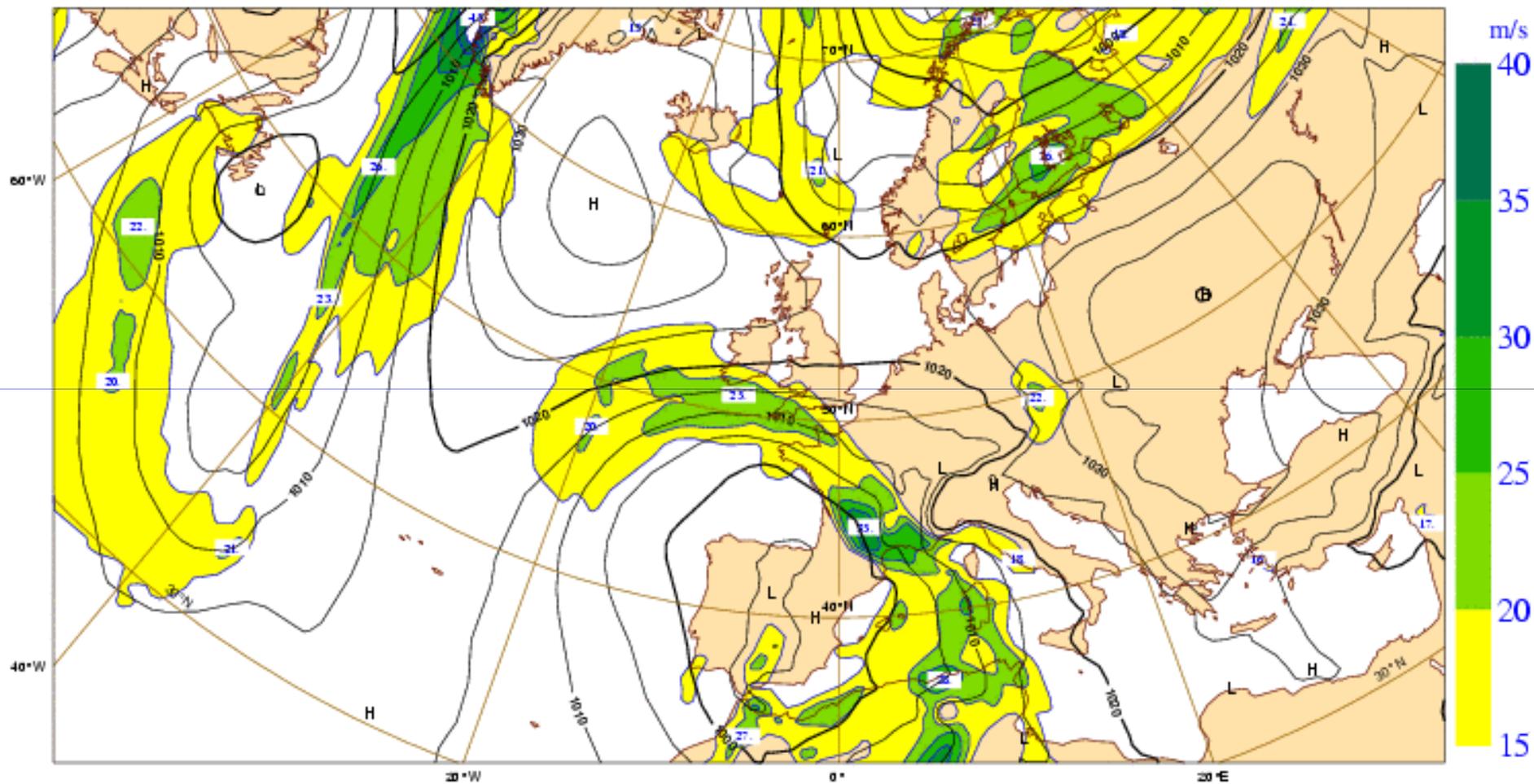
- *alta pressione*: è costituita da un insieme di isobare pressoché circolari e concentriche, tali che la pressione aumenta dalla periferia verso il centro, dove si appone la lettera maiuscola **H** (high pressure system).
- *bassa pressione*: in essa le isobare sono ancora pressoché circolari e concentriche, ma il loro valore *diminuisce* dalla periferia verso l'isobara più interna, entro la quale si riporta la lettera **L** (low pressure system).
- *promontorio* (ridge): prende il nome di promontorio qualsiasi espansione di un'alta pressione in un campo di pressioni inferiori. La forma assunta dalle isobare è quella di un cuneo con l'estremità tondeggiante, il cui asse si chiama *asse del promontorio*.
- *saccatura* (trough): con tale termine si indica l'incunarsi di una bassa pressione in un campo di pressioni più alte; la forma è più aguzza di quella del promontorio, e quando il suo asse coincide con un fronte, attorno ad esso le isobare si dispongono a forma di V con il vertice rivolto *verso le pressioni più alte*.
- *pressioni livellate*: quando in una vasta regione geografica presente nella AS si registra una completa assenza di isobare, o se, comunque, esse sono molto distanti tra loro, si parla di pressioni livellate. Una forma particolare di esse è data dalla *sella*, che corrisponde ad una zona nella quale le isobare sono assenti, ma che è disposta al centro di una croce immaginaria i cui bracci uniscono rispettivamente due alte e due basse limitrofe.





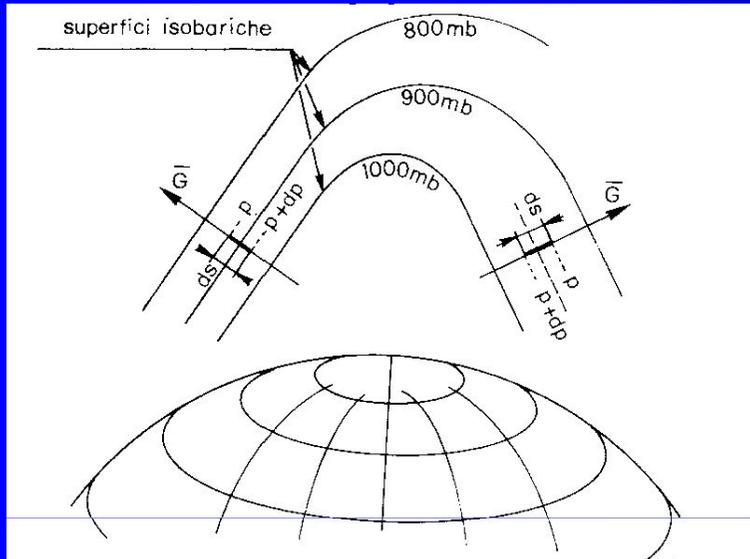


Wednesday 18 February 2004 12UTC ECMWF Forecast t+72 VT: Saturday 21 February 2004 12UTC 850h Pa u-velocity/ mean sea level pressure
SURFACE: MSL Pressure / 850-hPa wind speed

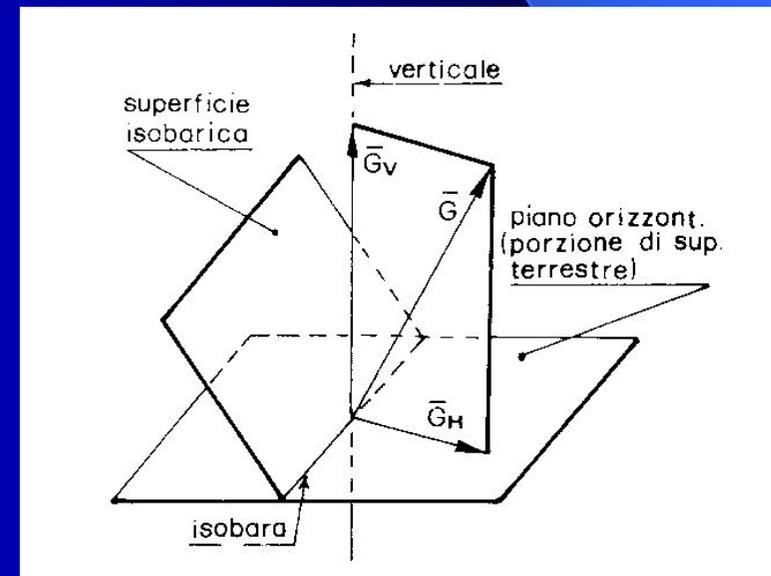


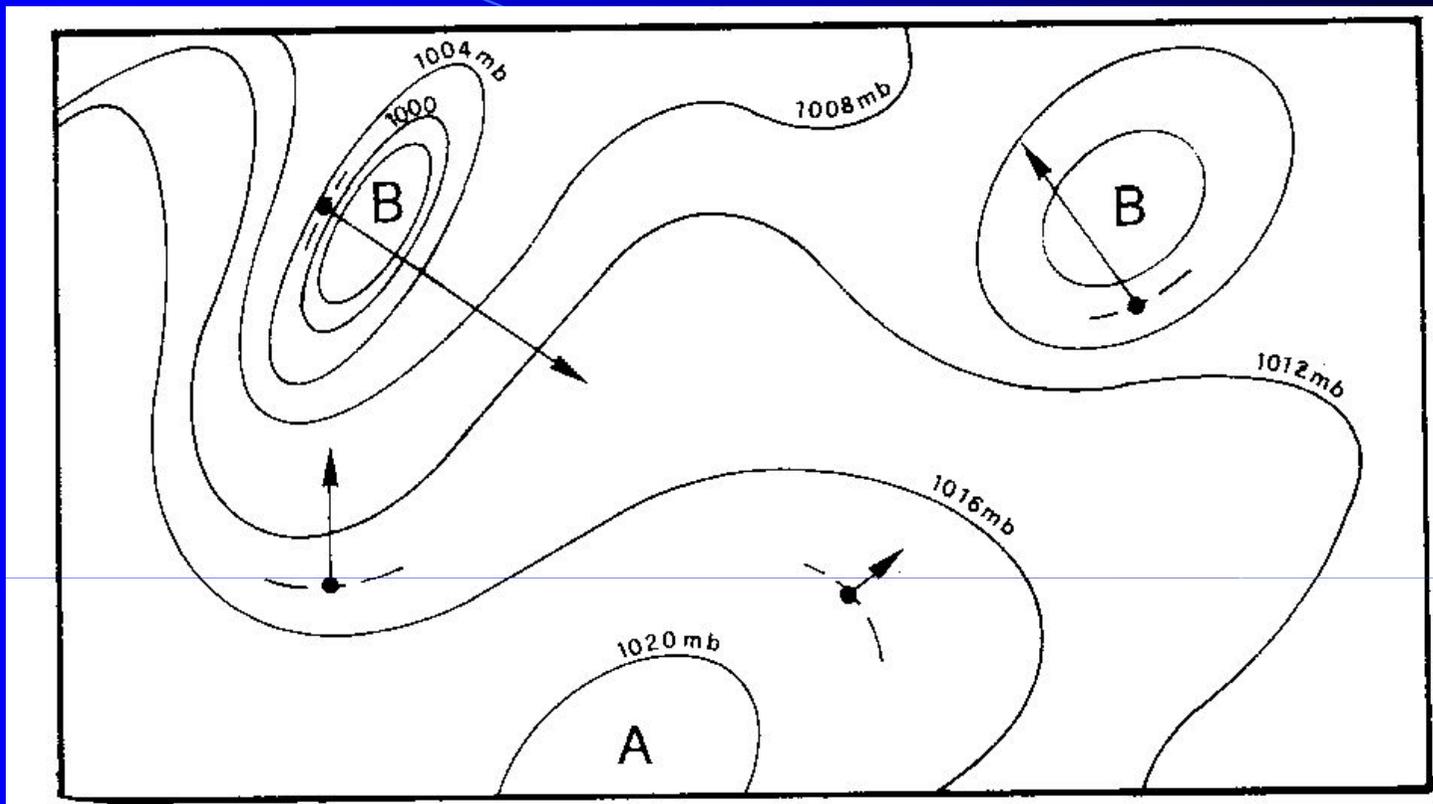
Dal sito Internet http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/deterministic/world/msl_uv850_z500

La forza di gradiente barico



In generale, il gradiente barico in un punto dell'atmosfera è rappresentato da un vettore diretto lungo la perpendicolare alla superficie isobarica passante per quel punto. È rivolto verso le pressioni minori ed ha grandezza dp/ds .





Esempio di campo barico al suolo da cui, dalla distanza tra le isobare è possibile farsi una idea sommaria di come è distribuito il gradiente orizzontale della pressione. Dove le isobare sono più vicine (dp/ds è maggiore), il gradiente barico è più forte.

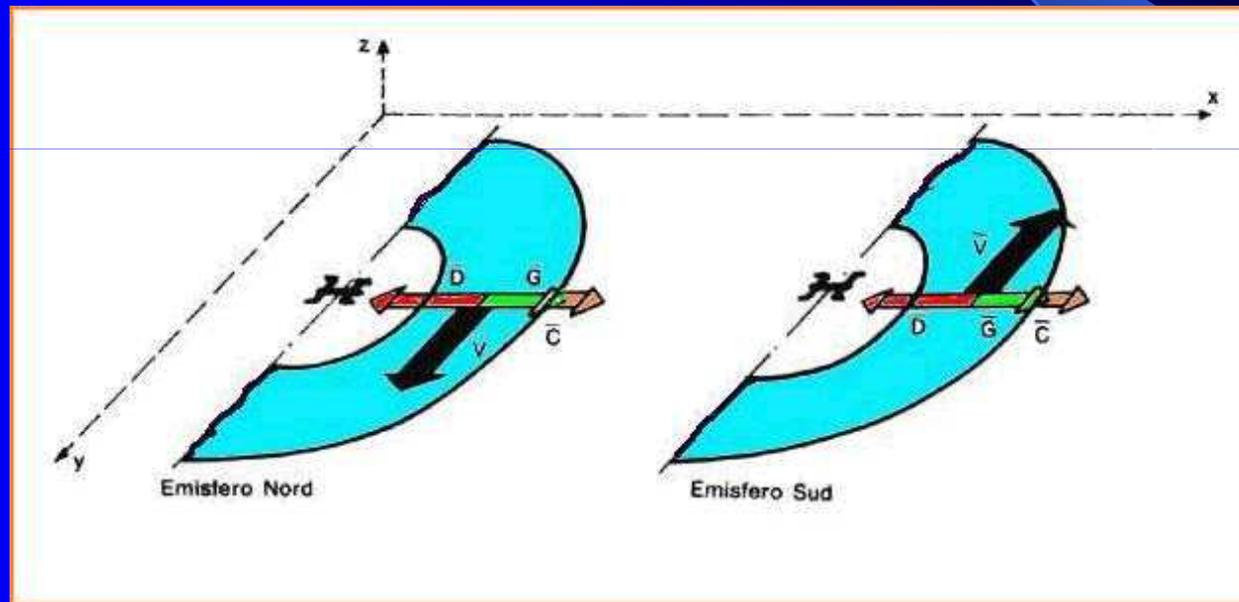
Il gradiente barico crea dunque la “forza di gradiente” che spinge l’aria dall’area a pressione maggiore verso quella a pressione minore.

Il vento

Il Vento: regole pratiche

Attorno ad *un'alta pressione (High)*, il vento spira:

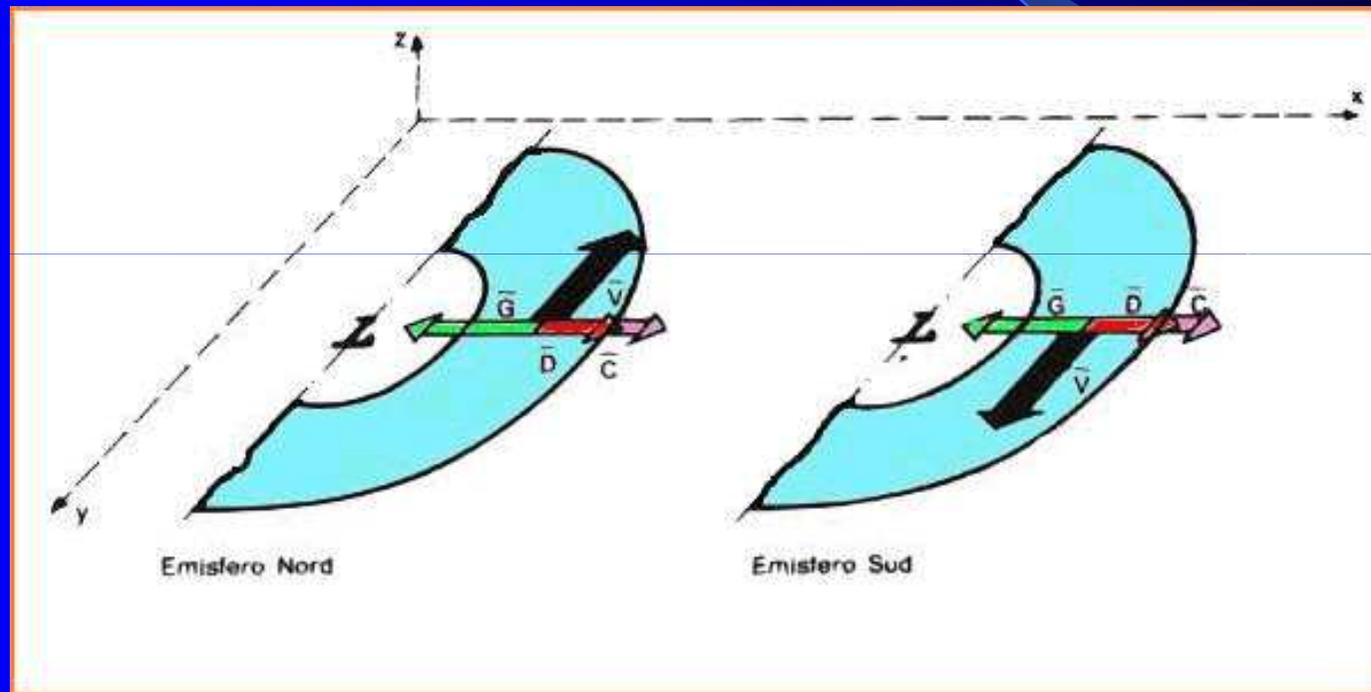
- con verso *orario* (clockwise) nell'Emisfero Nord
- con verso *antiorario* (counter clockwise) nell'Emisfero Sud.



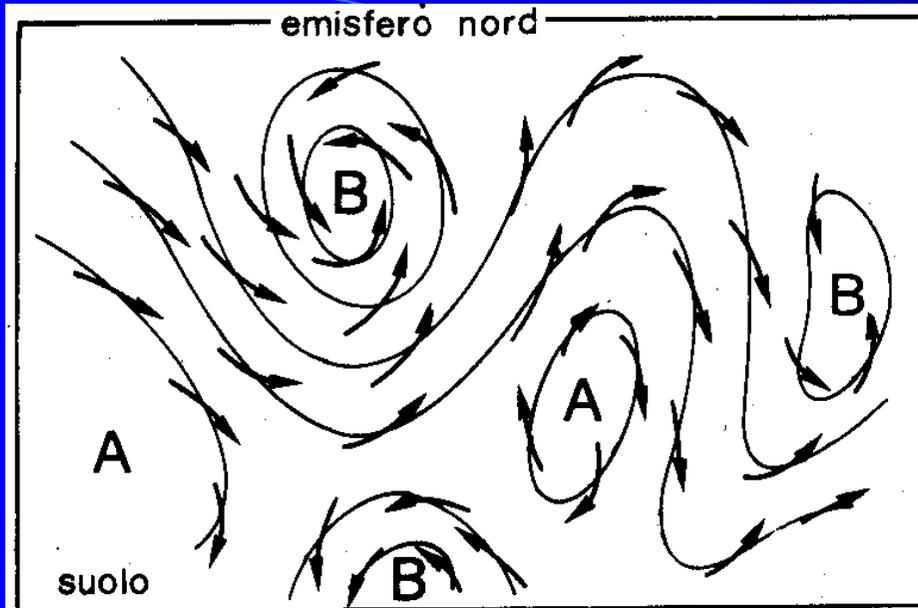
Immagini tratte da: CD ROM di "Meteorologia marina", I.I. 4002, dell'Istituto Idrografico della Marina

Attorno ad una *bassa pressione (Low)*, invece, il vento spira:

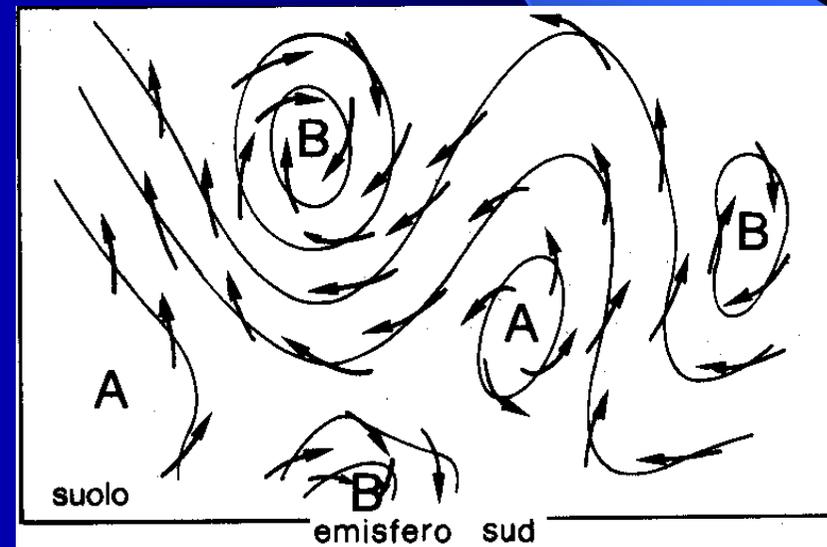
- con verso *antiorario* nell'Emisfero Nord
- con verso *orario* nell'Emisfero Sud.



Immagini tratte da: CD ROM di "Meteorologia marina", I.I. 4002, dell'Istituto Idrografico della Marina



Disegni tratti da: Fantauzzo, *“Dalla brezza all’uragano”*, pag. 144



La direzione (che è sempre quella di provenienza) del vento che spira tra due isobare contigue è formalizzata dalla **Legge di Buys-Ballot**, per la quale, spalle al vento, avremo:

- nell'emisfero Nord, la bassa pressione a *sinistra un pò avanti* (ad ore 10) e l'alta a *destra un po' indietro* (ad ore 4),
- nell'emisfero Sud, la bassa pressione a *destra un pò avanti* (ad ore 2) e l'alta a *sinistra un po' indietro* (ad ore 8).

Avendo a disposizione una analisi al suolo (attuale - AS, o prevista - FS) è possibile determinare direzione ed intensità del vento.

La **direzione** viene individuata utilizzando la legge di Buy-Ballot, avendo cura di tenere in debito conto la deviazione alfa prodotta dall'attrito. L'angolo *alfa* di deviazione dipende dall'ostacolo che provoca l'insorgere di A e varia in media tra i 20° sul mare ed i 35°-60° sulla terra.

La **velocità** viene determinata valutando la distanza tra due isobare contigue nei pressi del punto interessato. Più sono vicine le isobare più intenso è il vento. A causa dell'attrito, si riduce l'intensità del vento (all'incirca del 30% sul mare e del 50% sulla terra).

Sia il valore di alfa che la diminuzione della velocità si riducono progressivamente con l'allontanarsi dal suolo lungo la verticale fino ad annullarsi a circa 1.000 m, così come schematizzato dalla Spirale di Ekman.

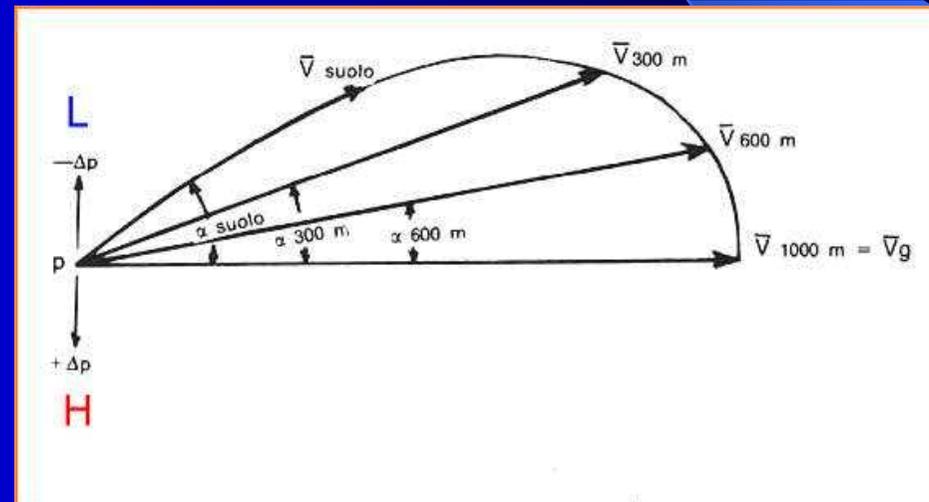


Immagine tratta da: CD ROM di "Meteorologia marina",
I.I. 4002, dell'Istituto Idrografico della Marina

Direzione del vento - Rosa dei Venti

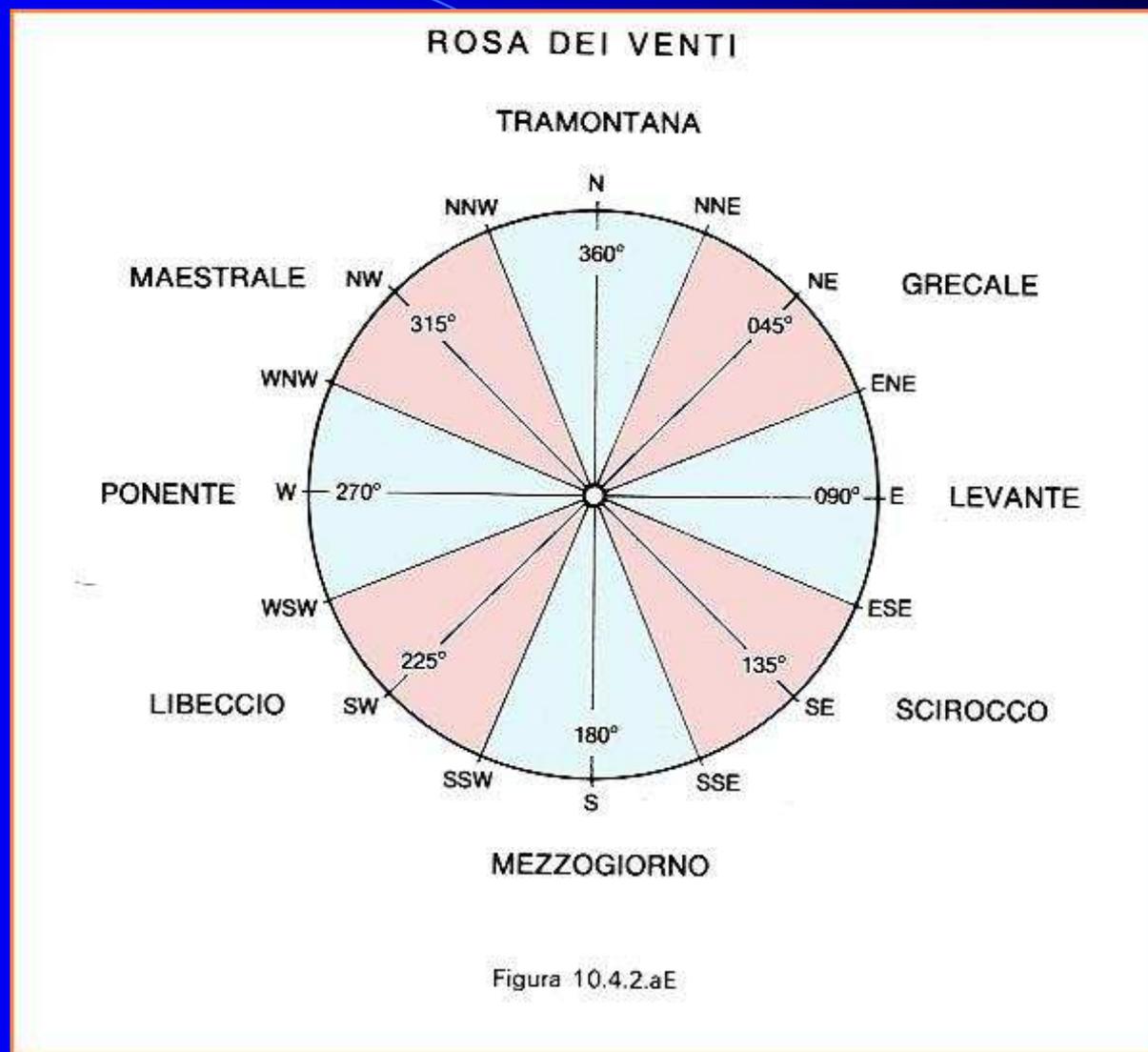


Immagine tratta da: CD ROM di *"Meteorologia marina"*, I.I. 4002, dell'Istituto Idrografico della Marina
2014

Meteorologia marittima per PAS

42

Tramontana

E' un vento molto freddo e spira a raffiche; di solito porta tempo asciutto, cielo sereno e visibilità ottima. Assume nomi vari ma il più noto è la Bora che soffia da ENE, specie nei mesi invernali sul golfo di Trieste e sul Quarnaro, e la cui azione è però sentita su tutto l'Adriatico.

GRECALE

Vento da NE con leggere variazioni di provenienza. Porta anch'esso tempo buono e cielo sereno. Come la tramontana anche il grecale spira a raffiche.

SCIROCCO

Vento caldo ed umido nelle regioni settentrionali, dato che ha attraversato durante il suo percorso gran parte del Mediterraneo. Porta di solito tempo nuvoloso al nord, mare mosso, visibilità scarsa e può durare molto a lungo.

LIBECCIO

Vento molto particolare perché, pur essendo un vento di mare, ha poche caratteristiche di tali venti. Generalmente nasce molto velocemente, sviluppandosi fino a raggiungere una potenza eccezionale, per poi calmarsi con la stessa rapidità con cui è nato. E' il vento che segue le perturbazioni per cui cessato il suo effetto, di solito si ha un innalzamento della pressione con conseguente arrivo di tempo buono e cielo sereno.

MAESTRALE

Vento di caratteristiche simili alla tramontana, solo di forza più elevata, da cui il nome "maestro dei venti". Porta tempo freddo, asciutto e sereno. Interessa, durante i mesi invernali, principalmente l'alto Tirreno ed il mar Ligure, giungendovi dalle vallate del Rodano e golfo del Leone.

Tabella 1 - Scala Beaufort della forza del vento per la cifratura del vento in superficie nelle stazioni meteorologiche marittime

Cifra Beaufort	Termina descrittivo	VELOCITÀ DEL VENTO EQUIVALENTE		SPECIFICAZIONI PER LE OSSERVAZIONI a bordo delle navi (al largo)	Altezza probabile delle onde in m (*)
		m/sec	nodi		
0	Calma	0 + 0,2	1	Il mare è come uno specchio (mare d'olio)	-
1	Bava di vento	0,3 + 1,5	1 + 3	Si formano <i>increspature</i> che sembrano squame di pesce, ma senza alcuna cresta bianca di schiuma	0.1 (0.1)
2	Brezza leggera	1,6 + 3,3	4 + 6	<i>Ondicelle minute</i> , ancora corte ma ben evidenti: le loro creste hanno un aspetto vitreo ma non si rompono	0.2 (0.3)
3	Brezza tesa	3,4 + 5,4	7 + 10	<i>Ondicelle grosse</i> , le cui creste cominciano a rompersi. La schiuma ha apparenza vitrea. Talvolta si osservano qua e là delle «pecorelle» dalla cresta biancheggiante di schiuma.	0.6 (1.0)
4	Vento moderato	5,5 + 7,9	11 + 16	<i>Onde piccole</i> che cominciano ad allungarsi: le «pecorelle» sono più frequenti.	1.0 (1.5)
5	Vento teso	8,0 + 10,7	17 + 21	<i>Onde moderate</i> che assumono una forma nettamente più allungata: si formano molte «pecorelle». (Possibilità di qualche spruzzo).	2.0 (2.5)
6	Vento fresco	10,8 + 13,8	22 + 27	Cominciano a formarsi <i>onde grosse</i> («cavalloni»): le creste di schiuma bianca sono ovunque più estese. (Molto probabile qualche spruzzo).	3.0 (4.0)
7	Vento forte	13,9 + 17,1	28 + 33	Il mare s'ingrossa. La schiuma che si forma al rompersi delle onde comincia ad essere «soffiata» in strisce lungo il letto del vento.	4.0 (5.5)
8	Burrasca	17,2 + 20,7	34 + 40	<i>Onde moderatamente alte</i> e di maggiore lunghezza. La sommità delle loro creste comincia a rompersi in spruzzi vorticosi risucchiati dal vento. La schiuma viene «soffiata» in strisce, ben distinte, nel letto del vento.	5.5 (7.5)
9	Burrasca forte	20,8 + 24,4	41 + 47	<i>Onde alte</i> . Densè strisce di schiuma nel letto del vento. Le creste delle onde cominciano a vacillare e a precipitare rotolando. Gli spruzzi possono ridurre la visibilità.	7.0 (10.0)
10	Tempesta	24,5 + 28,4	48 + 55	<i>Onde molto alte</i> sovrastate da lunghe creste («marosi»). La schiuma formata, addensata in grandi banchi, viene «soffiata» in strisce bianche e compatte lungo il letto del vento. Nel suo insieme il mare appare biancastro. Il precipitare rotolando delle onde diviene intenso e molto violento. La visibilità è ridotta.	9.0 (12.5)
11	Tempesta violenta	28,5 + 32,6	56 + 63	<i>Onde eccezionalmente alte</i> (le navi di piccola e media grandezza possono scomparire alla vista per qualche istante). Il mare è completamente coperto da banchi di schiuma che si allungano nel letto del vento. Ovunque la sommità delle creste delle onde è polverizzata dal vento. La visibilità è ridotta.	11.5 (16.0)
12	Uragano	32,7 e oltre	64 e oltre	L'aria è piena di schiuma e di spruzzi. Il mare è completamente bianco a causa dei banchi di schiuma alla deriva. La visibilità è fortemente ridotta.	14 (-)

* numero tra parentesi: indici altezze probabili e massima

(*) Questa parte della tabella vuole solo indicare, grosso modo, le condizioni che ci si può attendere di incontrare in mare aperto, lontano dalle coste; essa non deve essere mai usata in senso inverso, e cioè per stimare o segnalare lo stato del mare. Nei mari interni o presso le coste, con venti da terra le onde risultano meno alte e più ripide.

Il merito di avere perfezionato, nel 1805, una scala contenente dei criteri relativamente precisi per quantificare il vento in mare e permettere in tal modo la diffusione di informazioni affidabili e universalmente comprese sulle condizioni di navigazione si deve all'ammiraglio britannico Francis Beaufort (1774 - 1857) sulla base delle precedenti teorie di Alexander Dalrymple.

Questo sistema di valutazione ha validità internazionale dal 1° gennaio 1949.

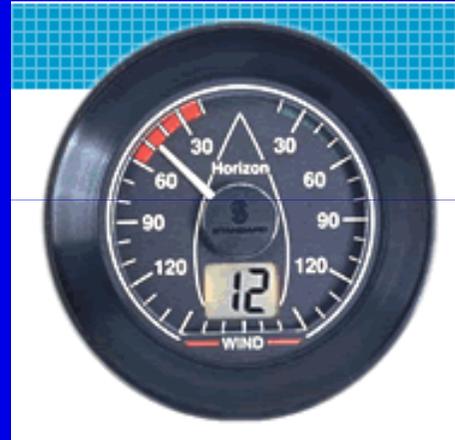
Un grado Beaufort corrisponde alla velocità media di un vento di dieci minuti di durata.

(Fonte Wikipedia)

1 nodo = 1 miglio nautico all'ora

1 miglio nautico = 1.852 metri

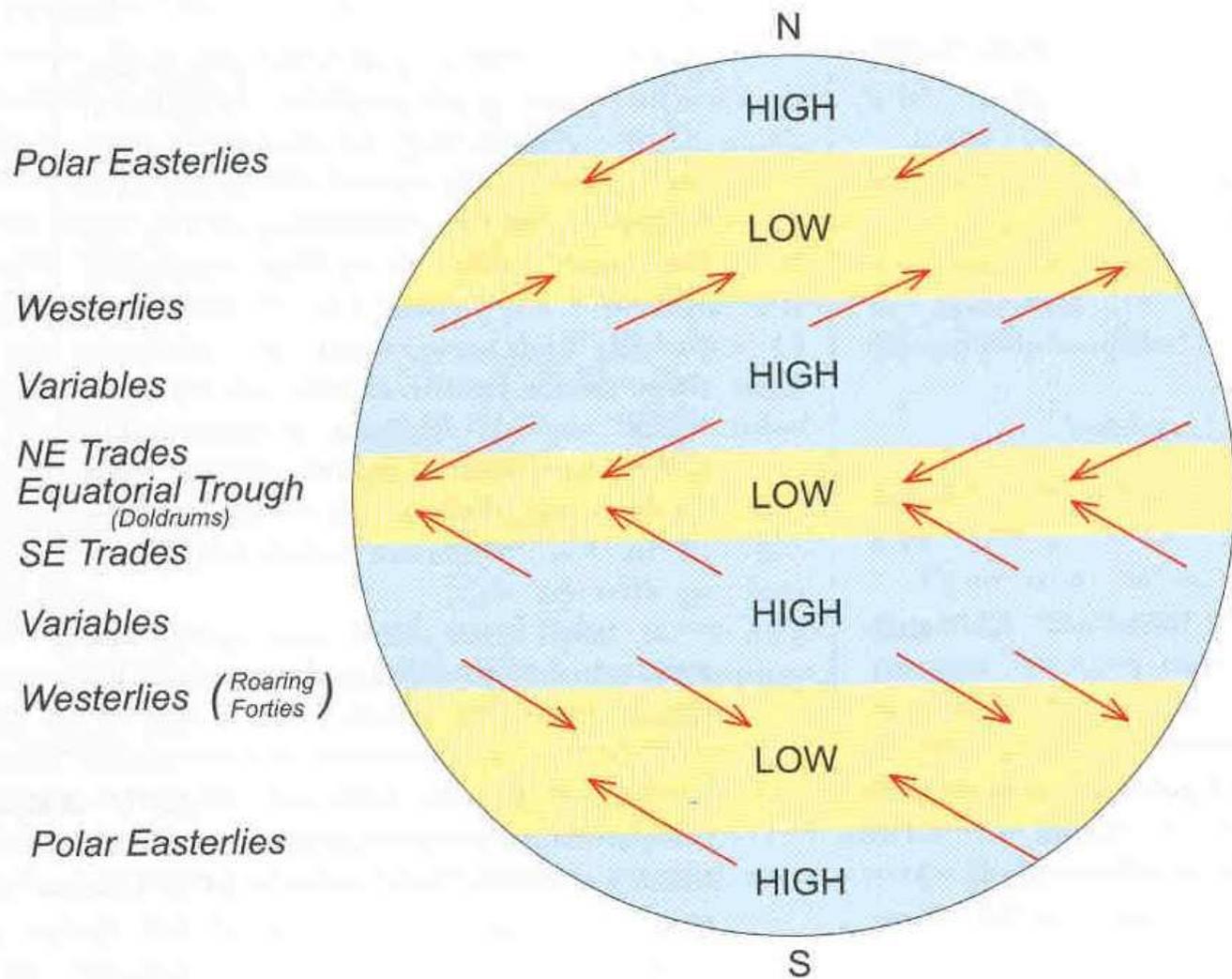
1 nodo corrisponde a circa mezzo metro al secondo



Anemometro a mano



Immagine tratta da:
CD ROM di *"Meteorologia marina"*, I.I. 4002,
dell'Istituto Idrografico della Marina



Pressure and Wind belts (5.3)

Immagine tratta da: "The Mariner's Handbook", NP 100, Admiralty charts and publications, pag.91

- **Depressioni equatoriali (equatorial trough, doldrums):** area caratterizzata da basse pressioni e basso gradiente di pressione. Fenomeni tipici: venti deboli (o calma di vento), nuvole a sviluppo verticale (cumulonembi) e improvvisi violenti temporali.
- **Alisei (trade winds):** negli anticicloni tropicali si generano, alla latitudine di 25° N e S del rispettivo inverno (30° d'estate), dei venti costanti, provenienti da nord-est nell'emisfero nord (da SE, nell'emisfero S) chiamati alisei. Hanno carattere di elevata persistenza in tutti gli oceani ad eccezione della parte nord dell'oceano Indiano e del mar della Cina ove predominano i monsoni. Il tempo è generalmente buono.
- **Medie latitudini (variables):** fascia di latitudini tra i 30° e 40° in cui sono presenti gli anticicloni e sono caratterizzate da venti deboli e variabili e tempo generalmente bello.
- **Venti occidentali (westerlies):** venti prevalenti da ovest ma senza il carattere di persistenza che hanno gli alisei. Frequenti depressioni in transito da ovest verso est che causano forti variazioni di intensità e velocità del vento. Condizioni di burrasca frequenti, soprattutto d'inverno.
- **Venti orientali polari:** vento in prevalenza da est, burrasche meno frequenti che alle latitudini sottostanti. Forte nuvolosità; nebbie frequenti in estate.

Venti stagionali e monsoni

Si sviluppano in seguito a processi di riscaldamento-raffreddamento di vaste aree continentali adiacenti a mari/oceani.

In estate, l'equatore termico si sposta più a nord e sulle regioni dell'Himalaya la pressione diminuisce. Da maggio ad ottobre si instaurano venti da sud-ovest (più forti di quelli invernali) accompagnati da maggior nuvolosità e da fenomeni piovosi.

In inverno, di contro, tra ottobre e marzo, si sviluppa un intenso anticiclone sopra le regioni fredde del continente asiatico: questo genera persistenti venti da nord-est sulla parte settentrionale dell'oceano Indiano e sul sud del mare della Cina (gli alisei riprendono a predominare).

Monsoni estivi

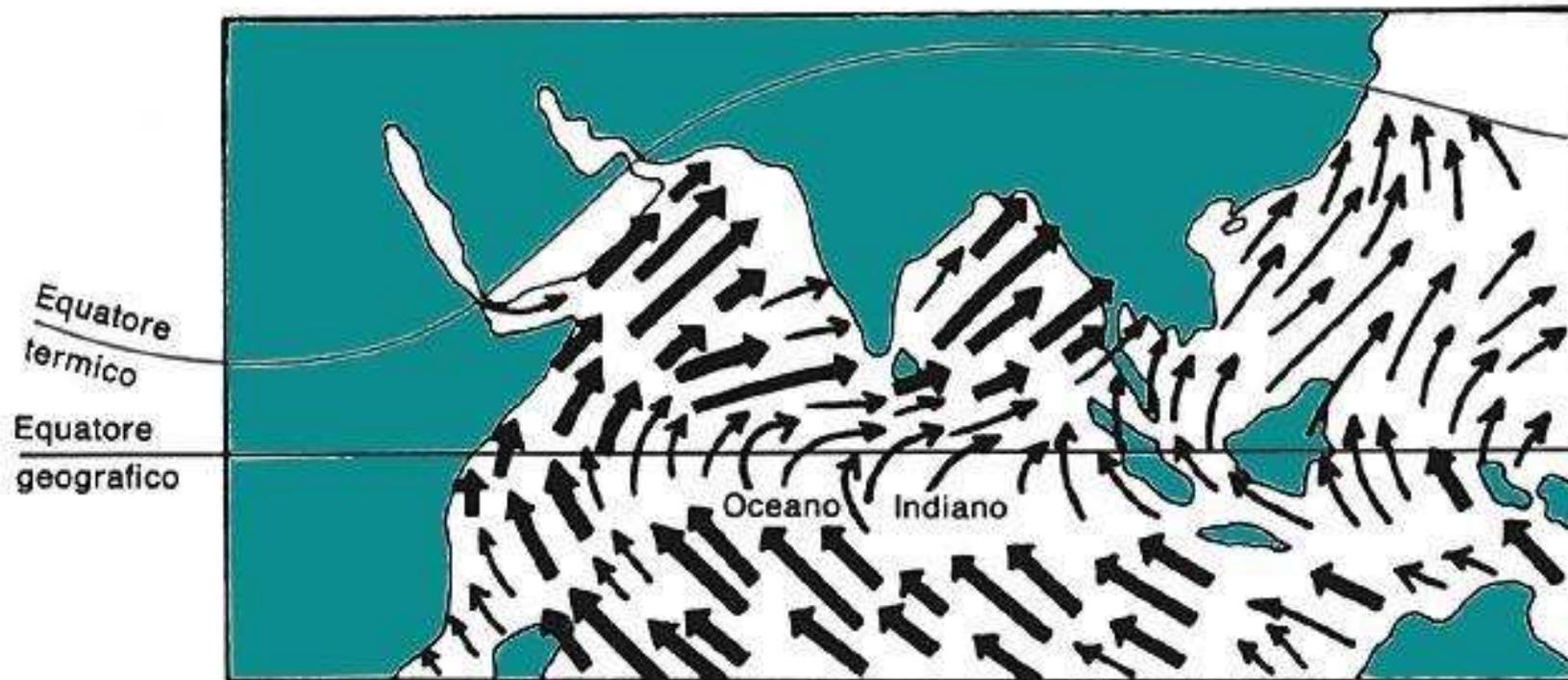


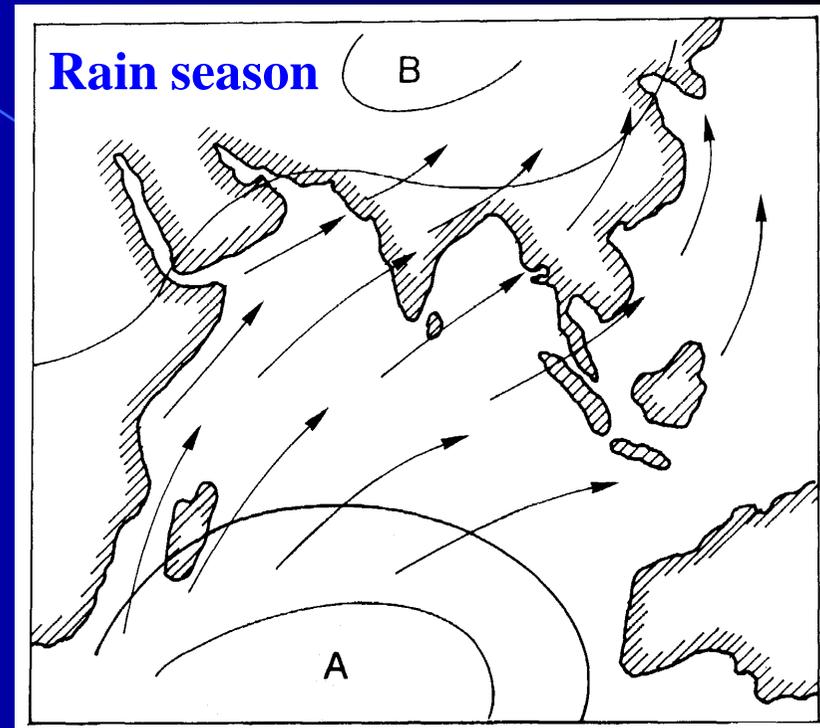
Immagine tratta da: CD ROM di *"Meteorologia marina"*, I.I. 4002, dell'Istituto Idrografico della Marina

I monsoni di SW (da maggio ad ottobre, “*rain season*”) risultano paralleli alle coste della Somalia e della penisola arabica e spirano lasciando tali coste sulla sinistra.

Si realizzano dunque le condizioni per la **risorgenza** delle acque fredde profonde

Questa si verifica provocando tra la terra ed il mare una **intensificazione del gradiente termico orizzontale** che a sua volta genera una intensificazione dei monsoni, fin quando, dopo alcune settimane di risorgenza, l'acqua del mare, è tutta rimescolata e la temperatura superficiale cessa di diminuire.

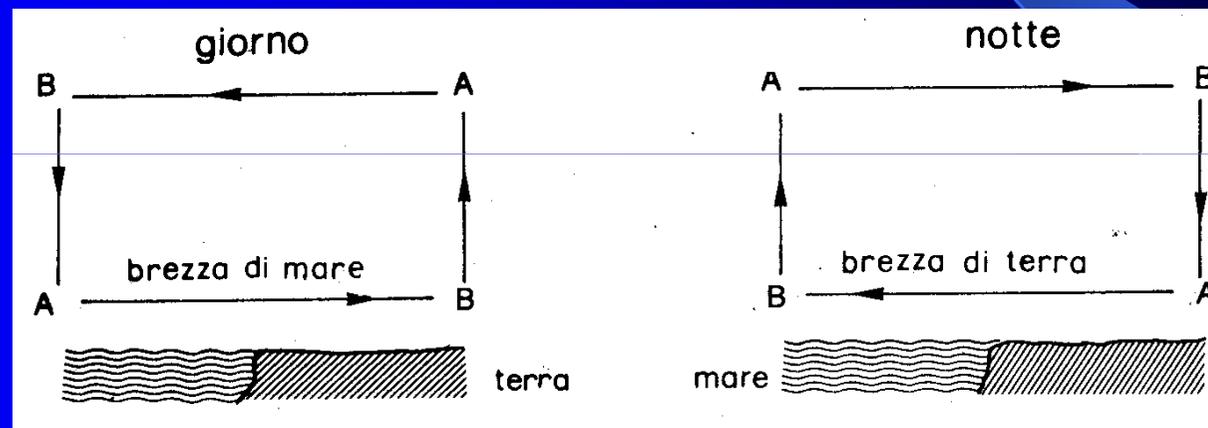
Per questo motivo lungo le coste della Somalia e lungo le coste meridionali della penisola arabica, i monsoni di SW sono particolarmente intensi e costanti e raggiungono la forza di burrasca per tre mesi all'anno. Quando i venti monsonici cambiano, a volte si formano dei cicloni che colpiscono le coste del Mare Arabico e della Golfo del Bengala.



Da ottobre ad aprile invece, nella stagione secca (*dry season*), spirano forti venti da Nord-est : l'enorme differenza termica fra il continente asiatico, più freddo, e l'oceano Indiano, più caldo, origina il monzone il quale, in questo caso, spira dalle montagne indiane al mare, causando un clima decisamente arido.

Venti a carattere locale

- **Brezze:** sono causate dal diverso raffreddamento e riscaldamento della terra e del mare. Di giorno (tra mezzogiorno e un paio d'ore prima del tramonto) il vento soffia dal mare verso la terra (brezza di mare). Al tramonto c'è calma di vento; di notte spira dalla terra verso il mare (brezza di terra). Le brezze si verificano alle latitudini tropicali e sub-tropicali; in corrispondenza di grandi isole; d'estate, alle medie latitudini.



Disegni tratti da: Fantauzzo, *"Dalla brezza all'uragano"*, pag. 178

- **Venti catabatici:** dovuti alla creazione di masse d'aria fredda (più pesante) al di sopra di alture e altopiani confinanti con il mare. L'aria scende verso valle e da origine a questi venti, di caduta, tipici del Nord Adriatico, Antartide, Mar Nero, Norvegia.

Le basse pressioni

I fronti atmosferici

I cicloni tropicali

Possono muoversi in ogni direzione anche se, alle medie latitudini, tendono a dirigersi verso E.

La velocità di spostamento (che non corrisponde alla velocità del vento) può arrivare sino a 30-60 nodi.

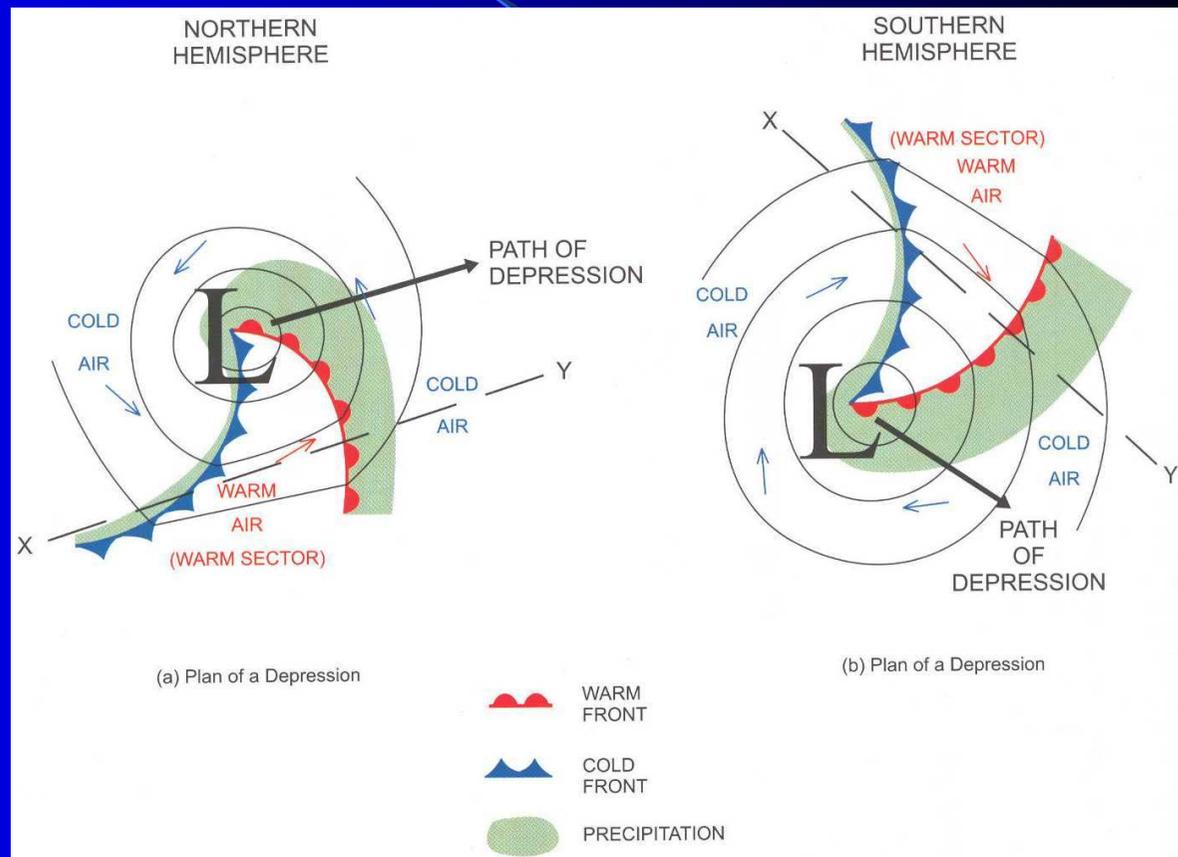


Figura tratta da: "The Mariner's Handbook", NP 100, Admiralty charts and publications, pag. 96

Fronti

In corrispondenza delle depressioni si trovano i fronti atmosferici, ovvero la superficie di contatto tra due masse d'aria diverse.

Alle medie latitudini i fronti sono dovuti a masse d'aria fredde polari che "incontrano" masse d'aria calda e umida di provenienza subtropicale.

Sulla superficie frontale (AC) si creano delle irregolarità: masse d'aria fredda (blu) si insinuano in masse calde (rosso) e masse d'aria calda sormontano masse d'aria fredda.

In B si crea una depressione ed inizia il vortice depressionario.

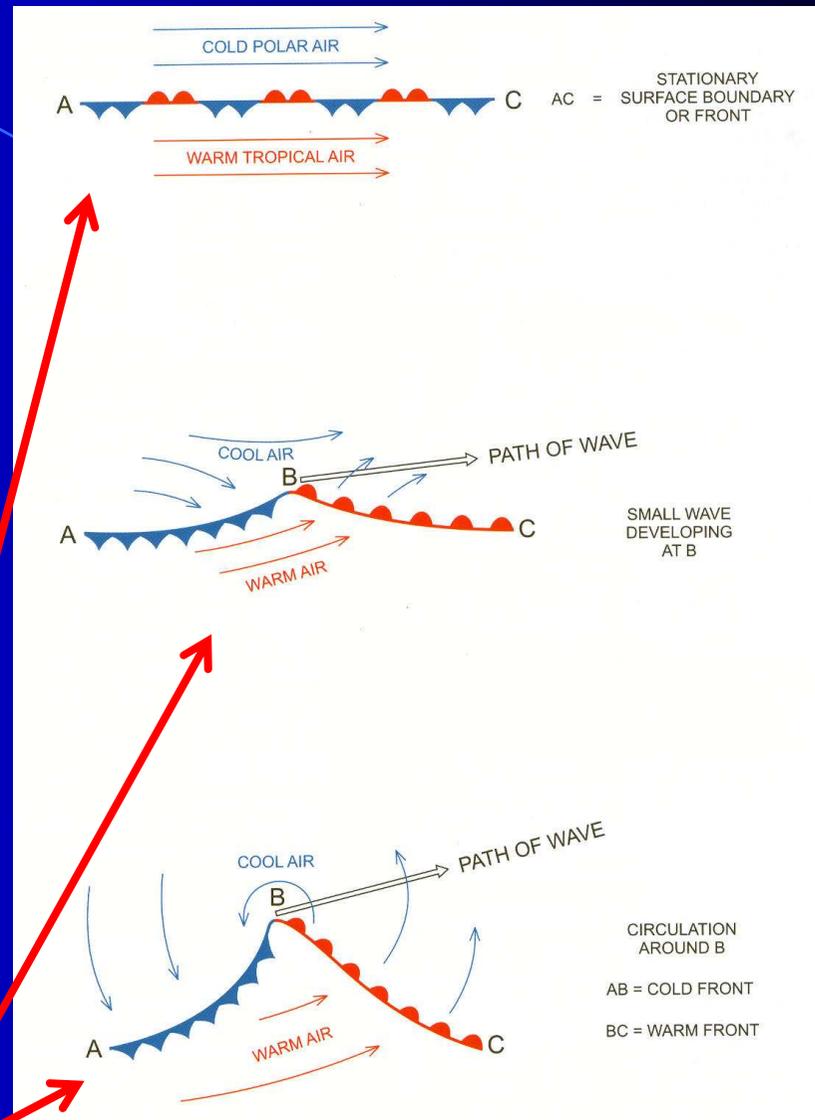


Figura tratta da: "The Mariner's Handbook", NP 100, Admiralty charts and publications, pag. 98

Fronte caldo: quando l'aria calda incontra quella fredda tende a sormontarla; trattandosi di aria umida, salendo crea formazioni nuvolose e pioggia. La pendenza della superficie frontale è di circa 1:100; la nuvolosità (cirri, 8-10 km di quota) anticipa di 500 miglia il fronte. I fenomeni (pioggia) si estendono per circa 200 miglia prima del passaggio del fronte.

Fronte freddo: l'aria fredda si insinua sotto quella calda (umida) e la fa salire. Il rapido innalzamento provoca la formazione di cumulonembi. I fenomeni associati sono costituiti da violenti temporali che si estendono per circa 70-80 miglia a cavallo del fronte.

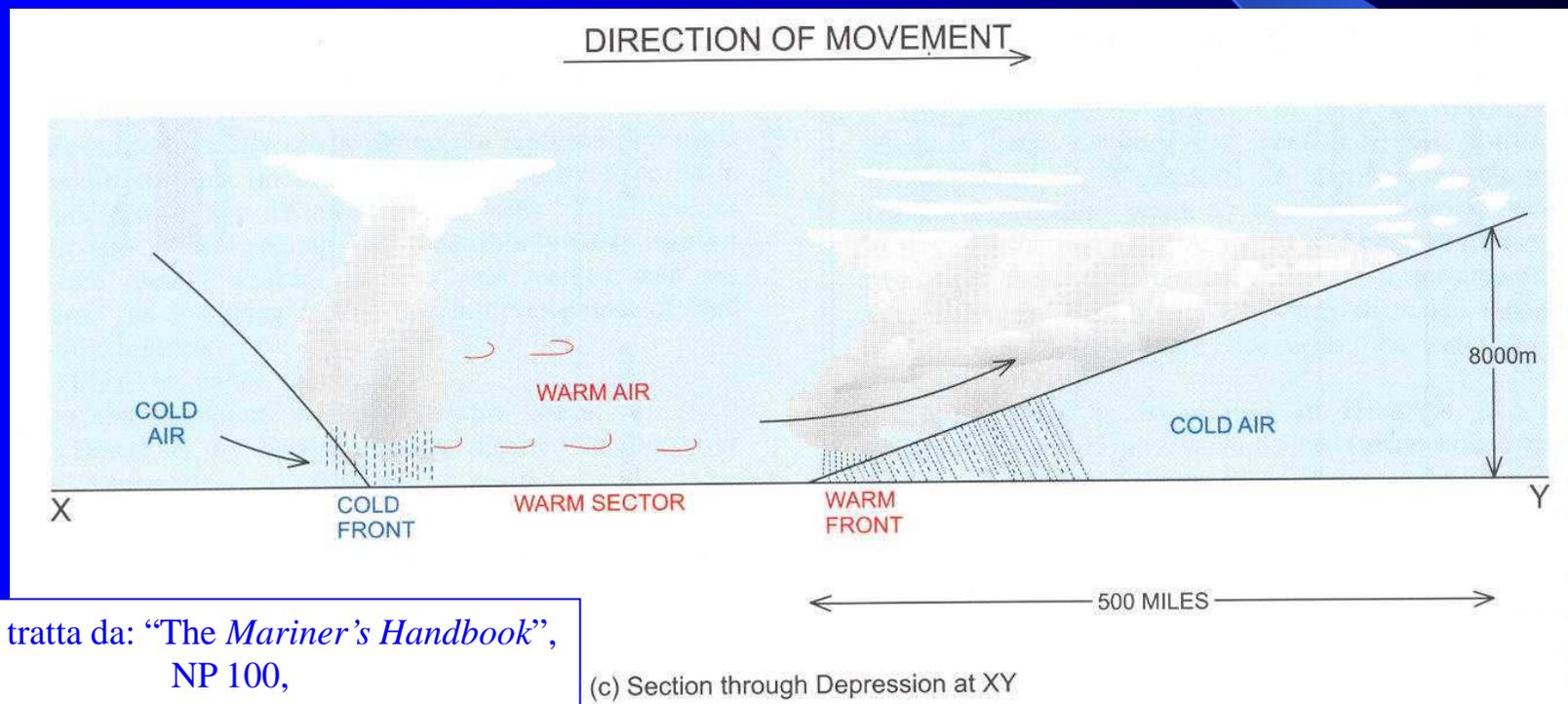
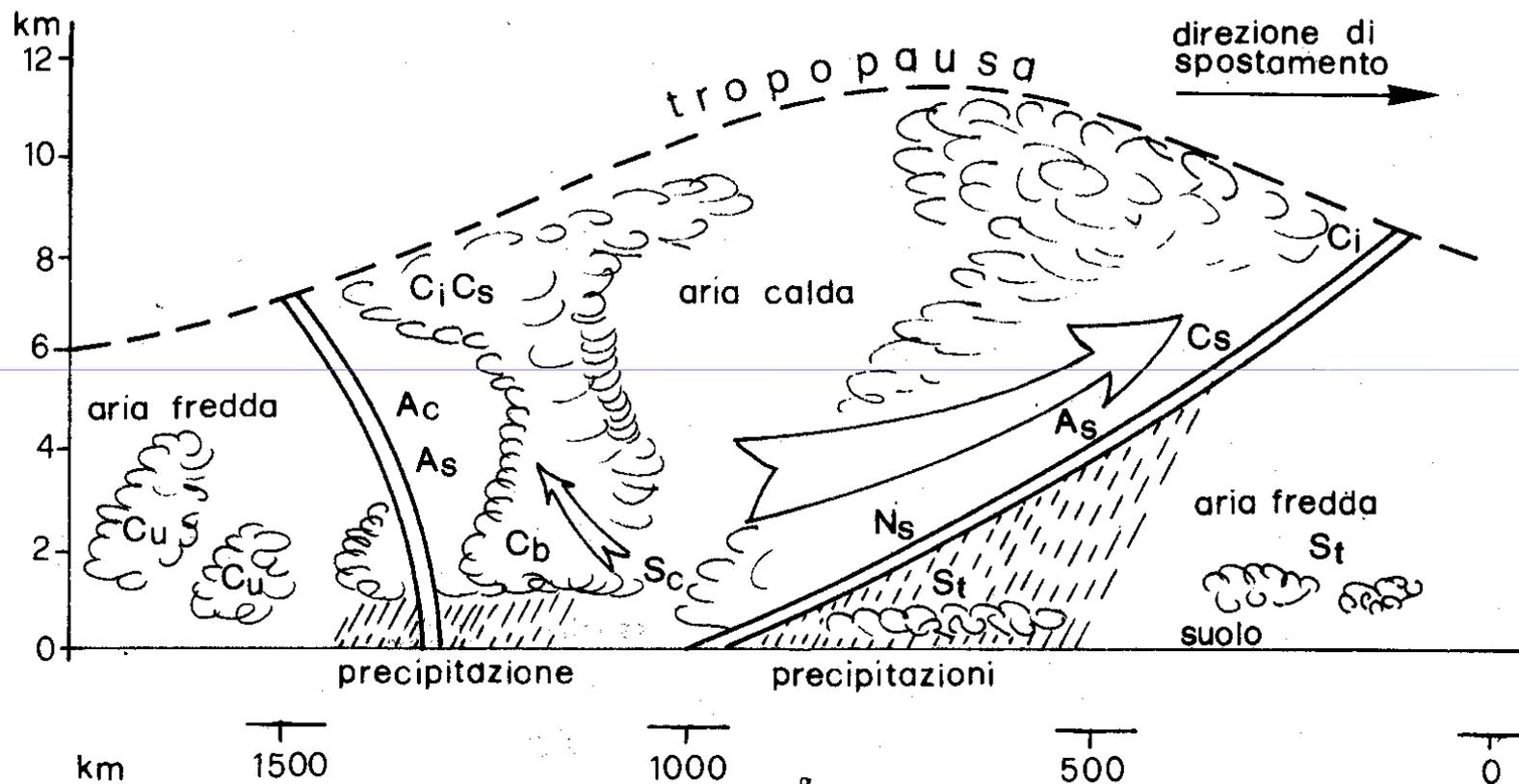


Figura tratta da: "The Mariner's Handbook",
NP 100,
Admiralty charts and publications, pag. 96

(c) Section through Depression at XY



Disegno tratto da: Fantauzzo, *"Dalla brezza all'uragano"*, pag. 219

Occlusioni

In un sistema frontale il fronte freddo si muove più velocemente del fronte caldo e lo raggiunge creando, nella parte settentrionale del sistema (emisfero N) una superficie mista dove si alternano masse d'aria calda con masse d'aria fredda.

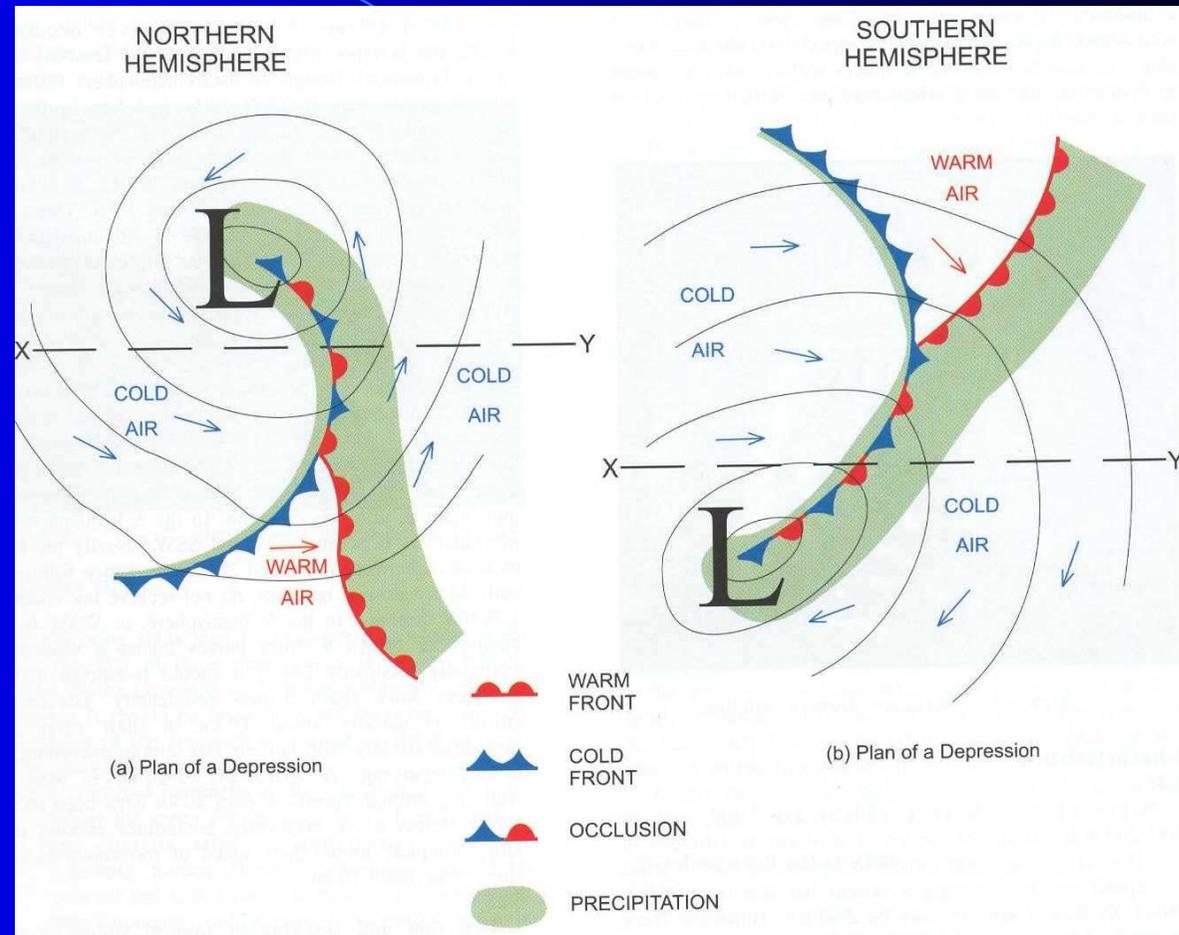


Figura tratta da: "The Mariner's Handbook", NP 100, Admiralty charts and publications, pag. 99

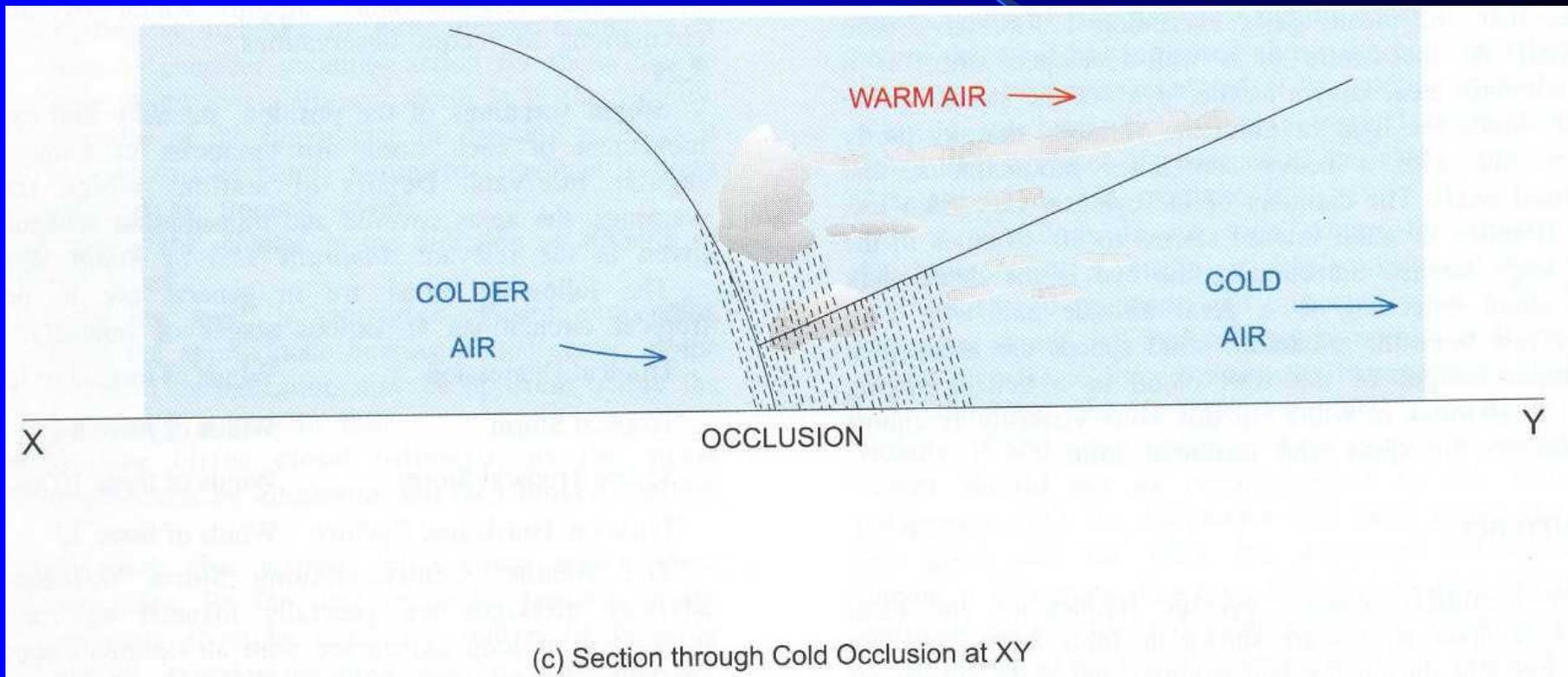
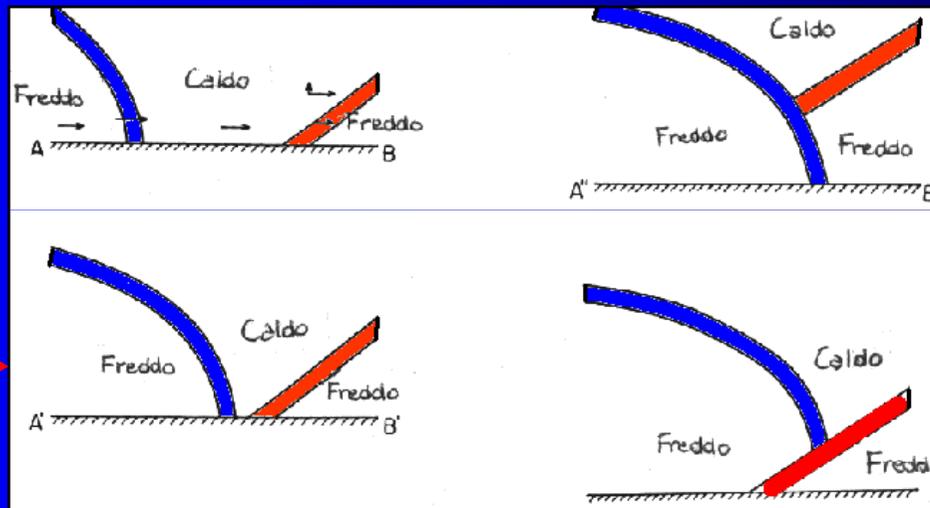


Figura tratta da: "The *Mariner's Handbook*", NP 100, Admiralty charts and publications, pag. 99

Fronte occluso

- A mano a mano che il settore caldo si chiude fino quasi a scomparire dalla superficie del suolo ed a rimanere solamente in quota, si forma il fronte occluso
- Si distinguono due tipi di occlusioni:

1. **fredda** (l'aria dietro al fronte freddo in A è più fredda di quella davanti al fronte caldo in B → agisce come un cuneo → il fronte al suolo ha carattere freddo)



2. **calda** (l'aria dietro al fronte freddo in A è più calda di quella davanti al fronte caldo in B → sale sopra → il fronte al suolo ha carattere caldo).

In ogni caso, l'aria calda è sempre sollevata dalla superficie

Fronte nelle AS (Emisfero Nord)		Estensione nubi	Tipo delle nubi	Estensione dei fenomeni	Tipo dei fenomeni	Vento Emisfero N (S)
Carte FACSIMILE	Carte policrome					
		300 km prima, 50 km dopo	Cc, Ac, Sc, Cu, Cb	100 km prima, 50 km dopo	rovesci e tem- porali prima e dopo	SW (NW) prima, NW (SW) dopo; a raffiche o di gruppo
		300 km prima, 400 km dopo	Cc, Ac, Sc, Cu, Cb prima St, Se, As, Ns, Ac, Cc, Cs, Ci dopo	100 km prima, 200 km dopo	rovesci e tem- porali prima, nebbia e piog- gia dopo	SSE (NNE) prima, SSW (NNW) dopo; a raffiche, di gruppo e teso
		1000 km prima, 50 km dopo	Ci, Cs, Cc, As, Ac, Ns, Se, St	300 km prima, 50 km dopo	pioggia, neve, nebbia	SE (NE) prima, SW (NW) dopo; teso
		1000 km prima, 400 km dopo	Ci, Cs, Cc, As, Ac, Ns, Se, St	300 km prima, 200 km dopo	pioggia, neve, nebbia	SE (NE) prima, SW (NW) dopo; teso
		1000 km prima, 50 km dopo	Ci, Cs, Cc, As, Ac, Ns, Cu, Cb	300 km prima, 50 km dopo	pioggia, rovesci, temporali	SW (NW) prima, NW (SW) dopo; a raffiche e di gruppo
		1000 km prima, 400 km dopo	Ci, Cs, Cc, As, Ac, Sc, Cu, Cb	300 km prima, 200 km dopo	pioggia, rovesci, temporali, nebbia	SE (NE) prima, S (N) dopo; a raffiche, di gruppo e teso
		500 km prima, 50 km dopo	Ci, Cs, Cc, As, Ac, Ns, Sc, St	300 km prima, 50 km dopo	pioggia, neve, nebbia	ESE (ENE) prima, WSW (WNW) dopo; teso
		500 km prima, 400 km dopo	Ci, Cs, Cc, As, Ac, Ns, Sc, St	300 km prima, 200 km dopo	pioggia, neve, nebbia	ENE (ESE) prima, ENE (ESE) dopo; teso

Tabella tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina

Cicloni tropicali

Sono depressioni poco estese, ma molto profonde, che si sviluppano, solo negli oceani, in latitudini tropicali (10° - 25° N, sino a 30° N nell'Atlantico, tra 5° e 18° S).

I valori di pressione sono simili a quelli delle depressioni delle latitudini intermedie. Il diametro è più ridotto (500 miglia anziché 1.500-2.000), il gradiente di pressione è più elevato, le isobare sono molto ravvicinate.

I venti di conseguenza sono molto violenti e convergenti verso il centro della depressione; il mare agitato e confuso. Costituiscono uno dei maggiori pericoli per la navigazione: le navi che avvistano una tempesta tropicale hanno l'obbligo di segnalarne la posizione alle navi circostanti.

Le immagini da satellite sono il sistema più efficace per individuarli e riportarli sulle previ meteo.

Denominazioni:

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| - vento forza 7 | depressione tropicale |
| - vento forza 8/9 | tempesta tropicale |
| - vento forza 10/11 | tempesta tropicale forte |
| - vento forza 12 o > | uragano, ciclone, tifone |

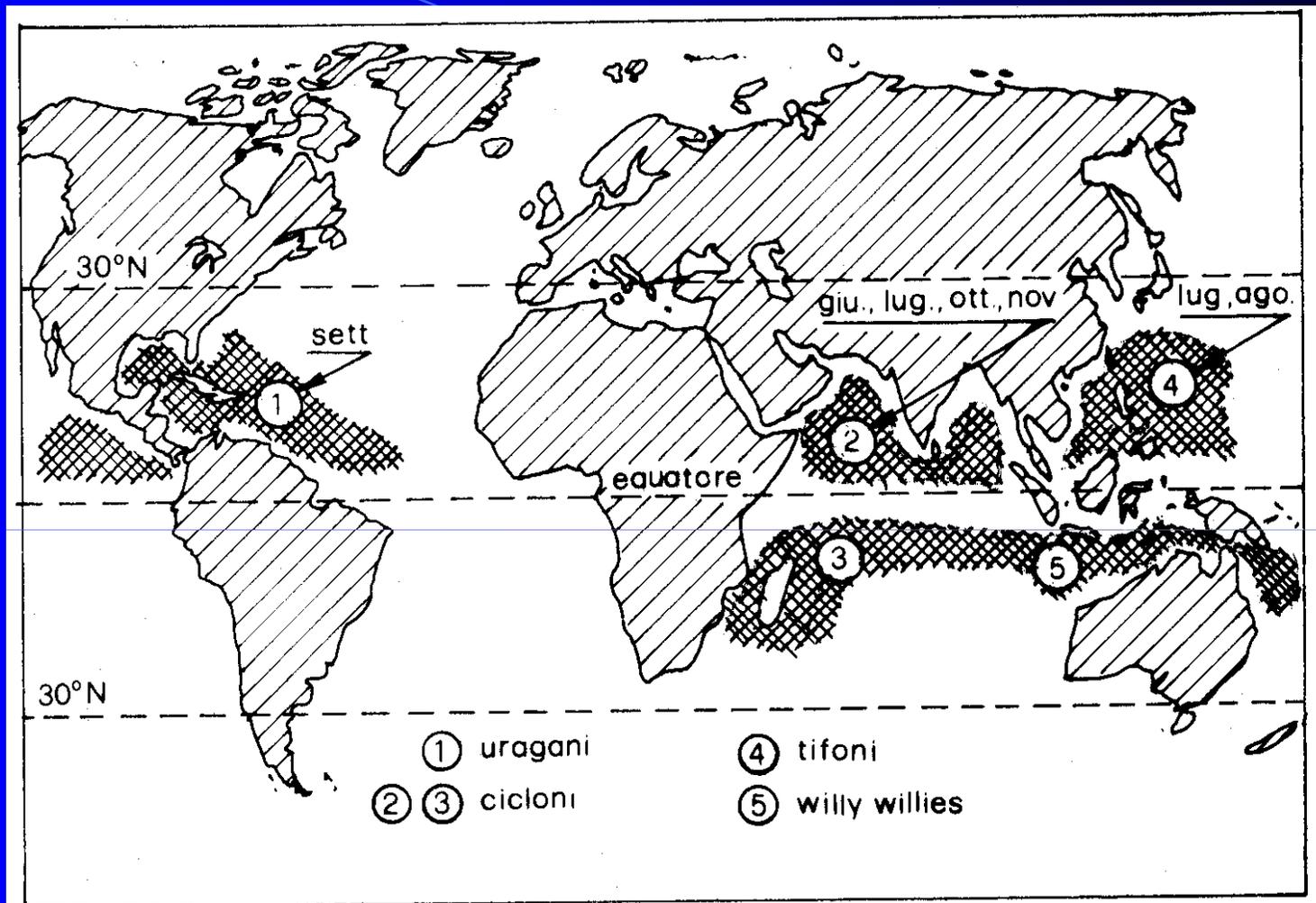


Fig. 13.1 - Le zone interessate dai cicloni tropicali con i periodi di maggior frequenza ed i nomi che essi assumono localmente.

Figura tratta da: Fantauzzo, "Dalla brezza all'uragano", pag. 231

Caratteristiche:

- vento di burrasca (>34 nodi) a 100-200 miglia dal centro, uragano (>64 nodi) entro 80 miglia dal centro. Il vento può essere a groppi, con improvvisi aumenti di intensità del 30-50% (punte registrate di 175 nodi),
- nell'area centrale della depressione si trova "l'occhio" del ciclone (diametro 10-30 miglia) con venti moderati e variabili,
- all'esterno dell'occhio si trovano nubi a sviluppi verticali che generano piogge torrenziali. L'effetto combinato delle piogge, del forte vento, delle nubi scure, rendono minima o nulla la visibilità.

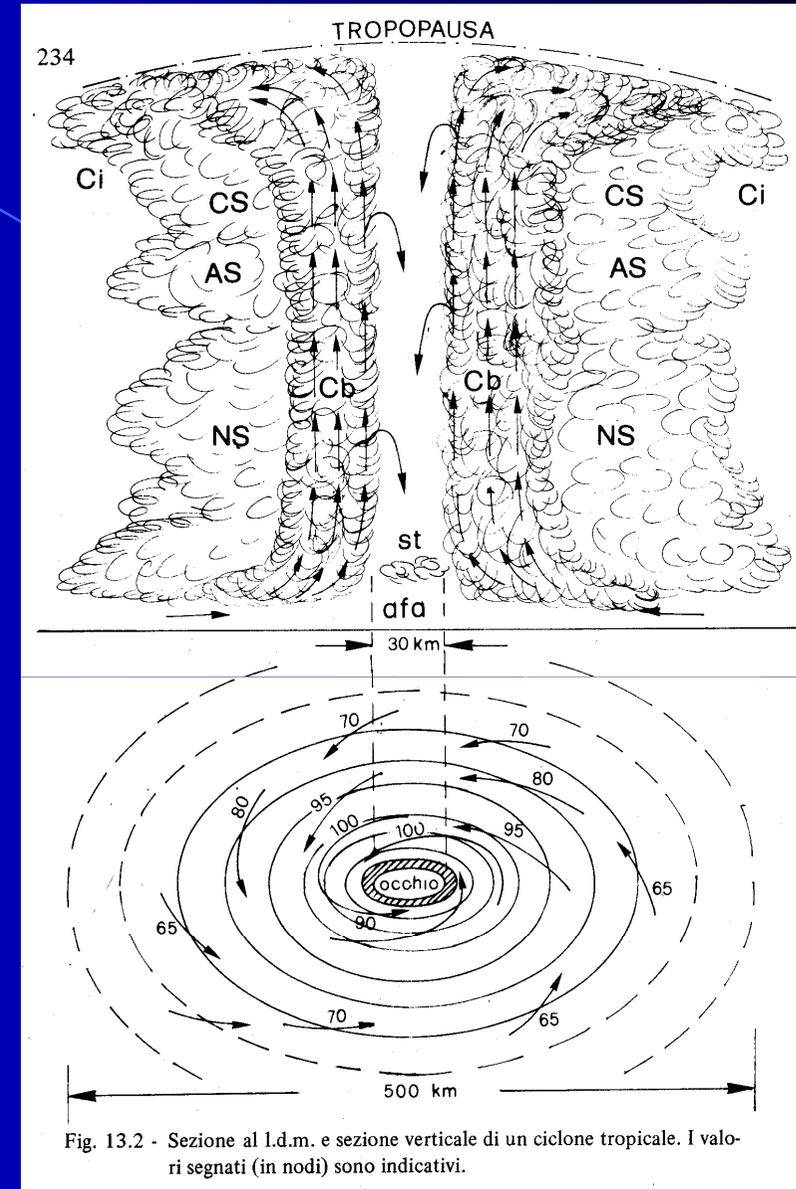
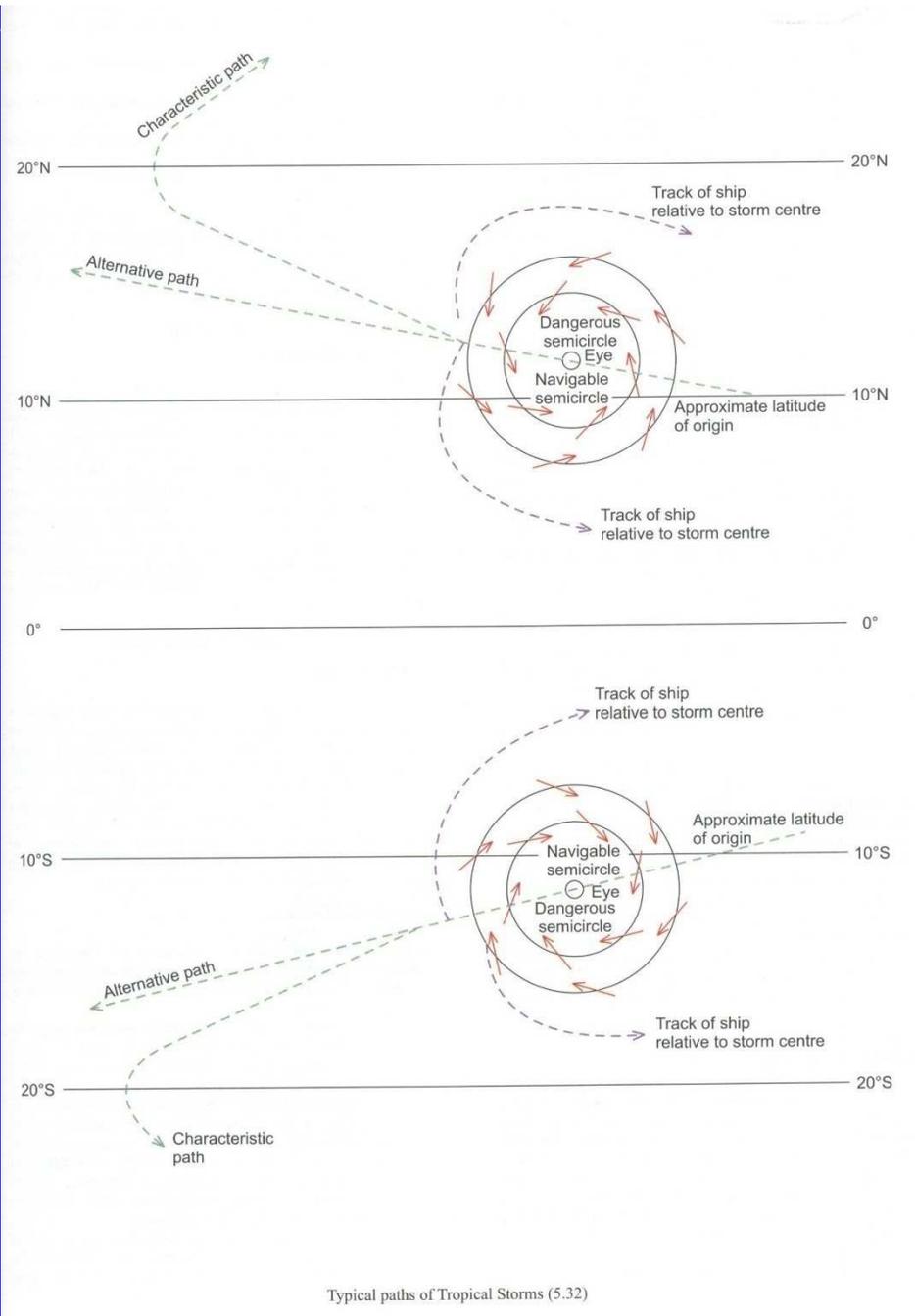


Figure tratte da: Fantauzzo,
"Dalla brezza all'uragano", pag. 234



Typical paths of Tropical Storms (5.32)

Figura tratta da:
"The Mariner's Handbook", NP 100,
 Admiralty charts and publications,
 pag. 103

Table showing principal areas affected and months in which tropical storms normally occur

Area & Local name	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	A	B			
North Atlantic, West Indies region (hurricane)					[Start/Finish of season]								10	5			
North-East Pacific (hurricane)					[Start/Finish of season]								15	7			
North-West Pacific (typhoon)				[Start/Finish of season]												25-30	15-20
North Indian Ocean Bay of Bengal (cyclone)			[Start/Finish of season]												2-5	1-2	
North Indian Ocean Arabian Sea (cyclone)				[Start/Finish of season]						[Start/Finish of season]				1-2	1		
South Indian Ocean W of 80°E (cyclone)	[Start/Finish of season]											[Start/Finish of season]		5-7	2		
Australia W, NW, N coasts & Queensland coast (hurricane)	[Start/Finish of season]										[Start/Finish of season]		2-3	1			
Fiji, Somoa, New Zealand (North Island) (hurricane)	[Start/Finish of season]										[Start/Finish of season]		7	2			

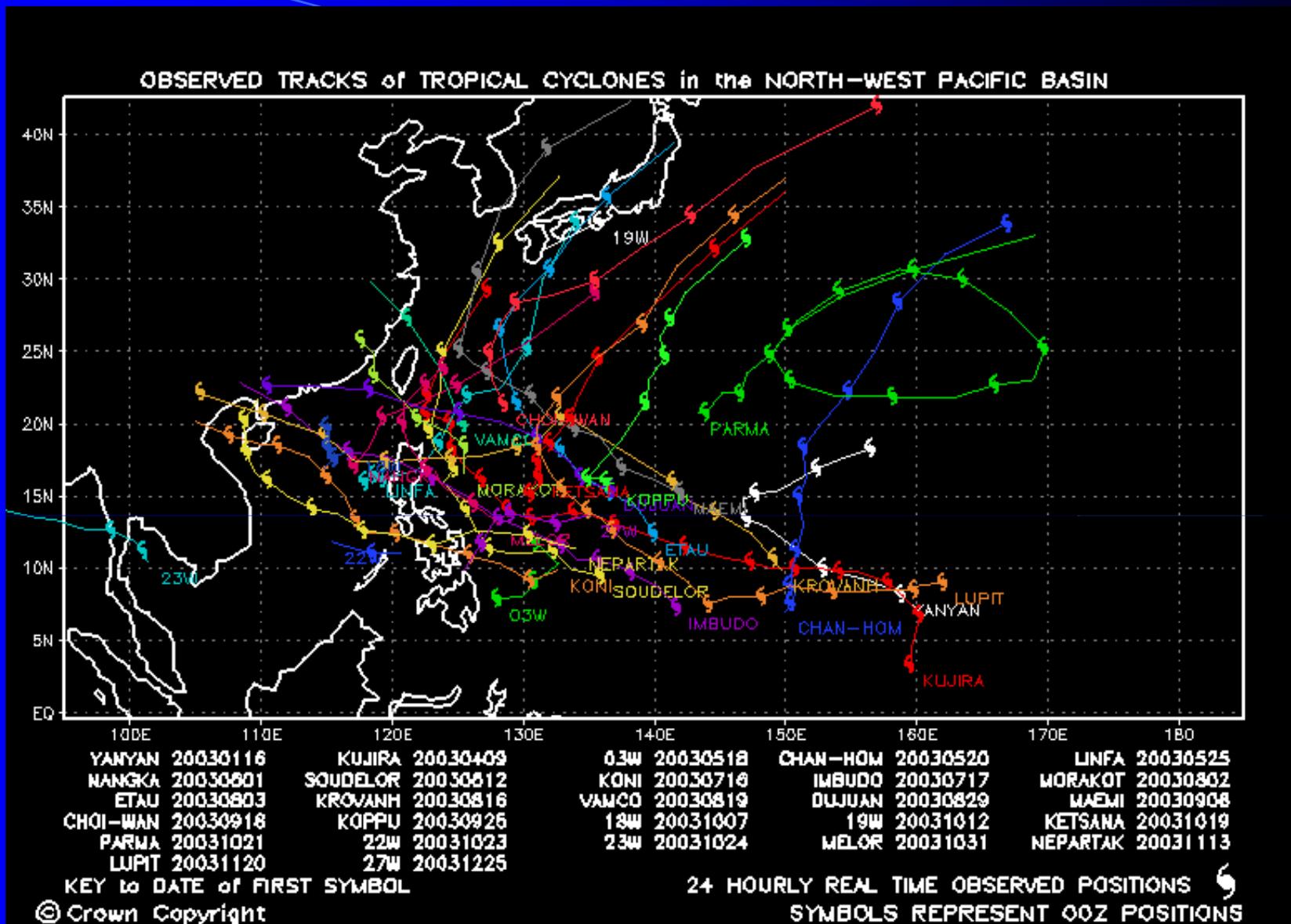
Start/Finish of season Period of greatest activity Period affected when season early/late



Column A: Approximate average frequency of tropical storms each year

Column B: Approximate average frequency of tropical storms each year which develop Force 12 winds or stronger

Figura tratta da: *"The Mariner's Handbook"*, NP 100, Admiralty charts and publications, pag. 102



Da sito Internet <http://www.met-office.gov.uk/sec2/sec2cyclone/tctracks/nwp03.gif>

Le nubi

Classificazione delle nubi in base alla forma - Poiché le nubi sono l'insieme visibile di particelle liquide o solide in continuo movimento e cambiamento di stato, l'aspetto totale è in continua evoluzione e trasformazione. Le osservazioni della nuvolosità hanno però permesso di stabilire che l'insieme dei sistemi nuvolosi più frequentemente visibili può essere sufficientemente rappresentato mediante l'enunciazione di un numero limitato di *forme caratteristiche*.

La classificazione più importante delle nubi dipende pertanto dalla loro appartenenza ad una delle due seguenti *forme primarie* da esse assunte:

Forma stratificata, per la quale l'estensione del corpo nuvoloso è maggiore sul piano orizzontale e minore su quello verticale.

Forma a sviluppo verticale, in cui l'estensione verticale della nube supera quella orizzontale.

Stabilita quindi l'appartenenza di più nubi ad una delle due forme primarie, si è dovuto tener conto delle altre differenze di aspetto e spessore e suddividere così ulteriormente tutti i corpi nuvolosi in 10 *generi*, concepiti in modo che una nube qualsiasi può appartenere *ad uno solo* di essi.

Le nubi sono il prodotto della condensazione e del brinamento del vapor d'acqua contenuto nell'atmosfera.

Possono essere costituite da minutissime goccioline d'acqua o da minutissimi cristalli di ghiaccio o da una combinazione di entrambi.

Quota delle nubi

Regioni	Calotte Polari	Zone Temperate	Zone Tropicali
Superiore	da 4000 a 8000 m	da 6000 a 13000 m	da 8000 a 18000 m
Media	da 2000 a 4000 m	da 2000 a 6000 m	da 2000 a 8000 m
Inferiore	da 15 a 2000 m	da 15 a 2000 m	da 15 a 2000 m

Tipi di nube (zone temperate)

*Altezza della
base delle nubi*

Nubi stratificate

*Nubi stratificate
ad onda*

*Nubi a sviluppo
verticale*

Nubi alte
(oltre 6.000 metri)

Cirri (Ci)
Cirrostrati (Cs)

Cirrocumuli (Cc)

Nubi medie
(2.000-6.000 metri)

Altostrati (As)
Nembostrati (Ns)

Alto cumuli (Ac)

Nubi basse
(15-2.000 metri)

Strati (St)

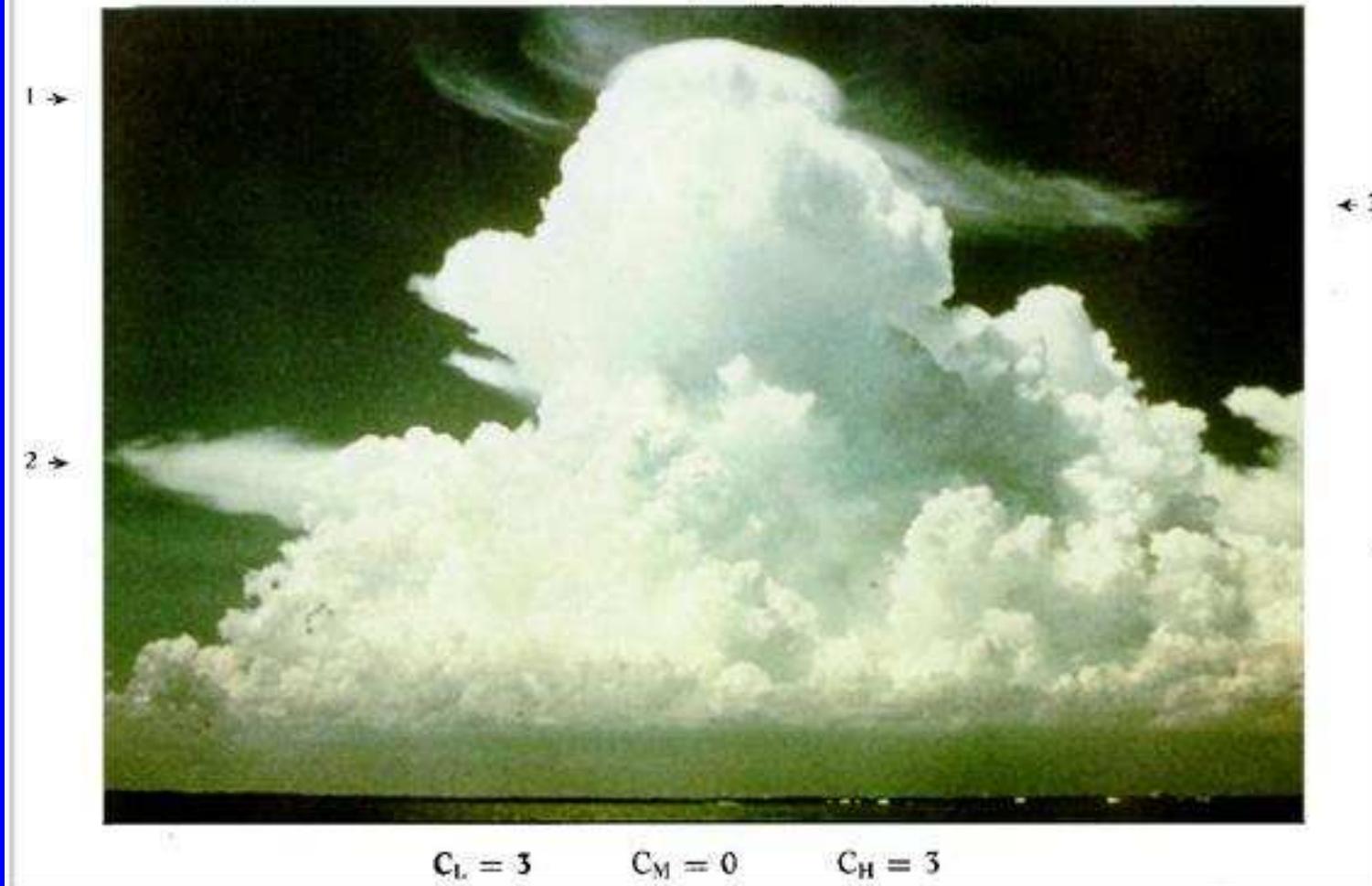
Stratocumuli (Sc)

Cumuli (Cu)
Cumulonembi (Cb)

Nube	Diametro gocce o cristalli	Temperatura al suolo > 0°C	Temperatura al suolo < 0°C	Intensità	Durata	Aria
Ci Cs Cc	—	—	—	—	—	S T A B I L E
As Ns St Ac Sc	< 0,5 mm	pioviggine (drizzle)	pioviggine congelantesi (freezing drizzle)	debole, moderata o forte	continua, a volte intermittente	
	> 0,5 mm	pioggia (rain)	pioggia congelantesi (freezing rain) nevischio (granular snow) neve (snow)			
Cu Cb	fino a 6-7 mm	rovescio di pioggia (rain shower)	rovescio di neve (snow shower)	debole, moderata o forte	intermittente con inizio e fine improvvisi	I N S T A B I L E
	da 5 a 50 mm	rovescio di grandine (hail shower)	rovescio di grandine (hail shower)	moderata o forte	temporanea, con inizio e fine improvvisi	

Tabella tratta da: “Manuale dell’Ufficiale di Rotta”, Istituto Idrografico della Marina, pag. 692

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



Cumulonembi: nubi basse e dense di notevole sviluppo verticale; la base è spesso molto oscura. Sono sede di forti correnti ascendenti e discendenti, tipiche di aria instabile. In queste nubi si produce il temporale.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



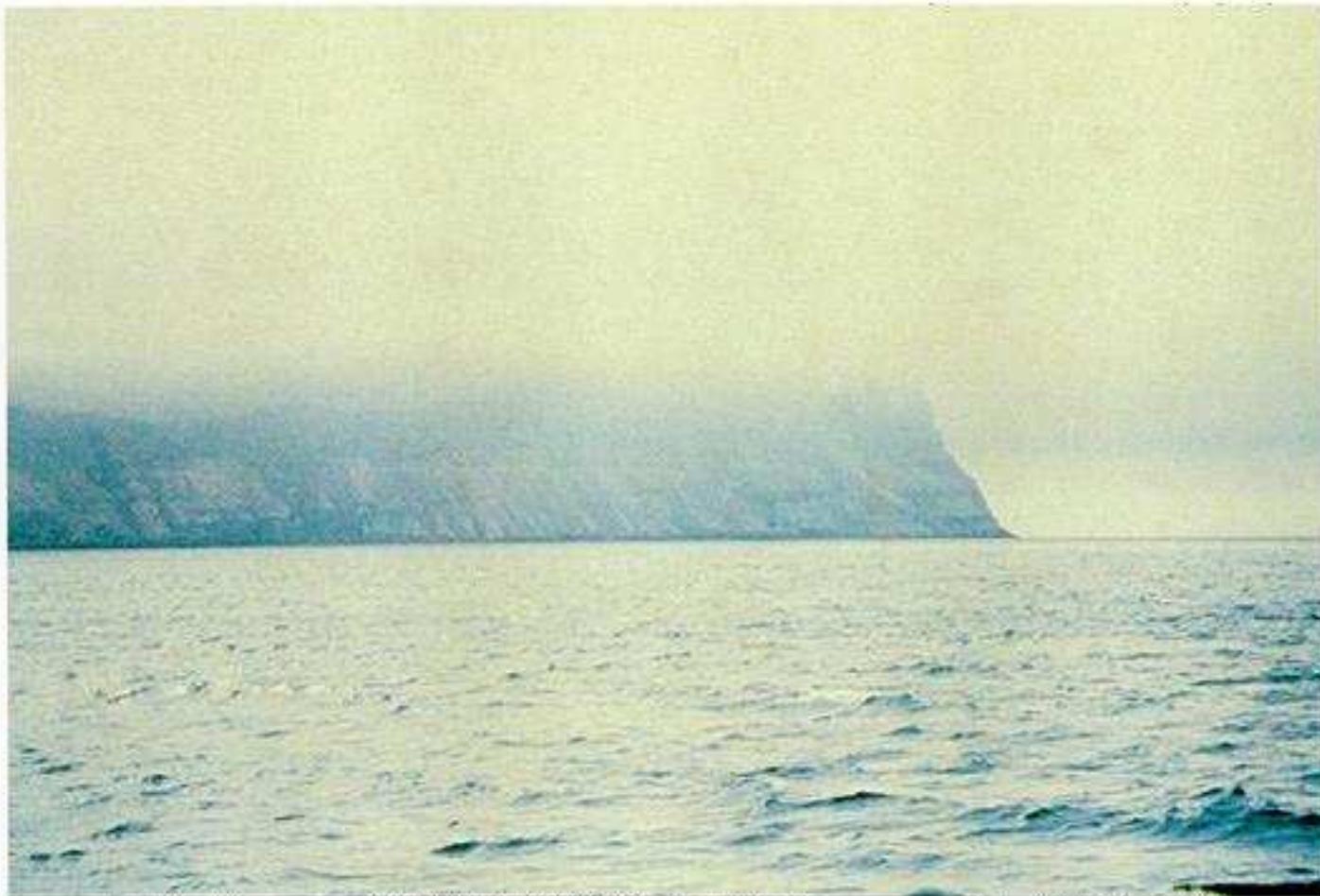
Cumuli: nubi individuali a base piatta che si sviluppano verticalmente. Possono raggiungere notevoli spessori ed anche produrre pioggia (cumuli imponenti). Quando hanno piccolo spessore si chiamano nubi di bel tempo.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



Stratocumuli: nubi grigie o biancastre che si presentano in banchi e hanno l'aspetto di un acciottolato.

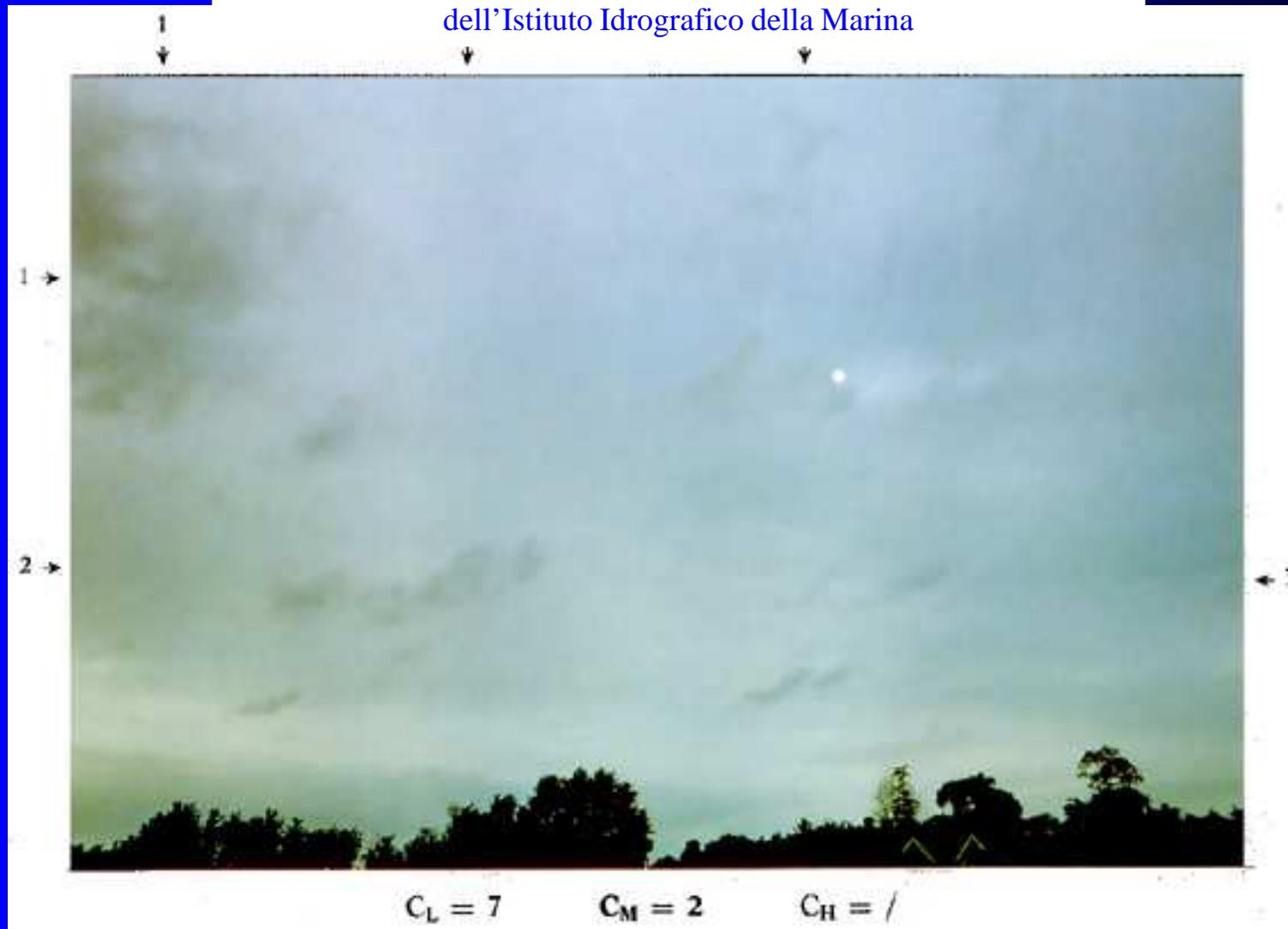
Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



$C_L = 6$ $C_M = /$ $C_H = /$

Strati: nubi basse in distesa generalmente grigia e con base piuttosto uniforme. Producono pioviggine e nevischio.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



Nembostrati: Nubi nere ed amorfe. La loro base è spesso non ben definita. Sono le nubi portatrici di pioggia per eccellenza.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



$C_L = 0$ $C_M = 1$ $C_H = 0$

Altostrati: sono una distesa nuvolosa grigiastra; se sono abbastanza sottili lasciano vedere il sole, come attraverso un vetro smerigliato. Se spessi, offuscano totalmente il sole. Sono nubi produttrici di pioggia.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



Alto cumuli: nubi bianche o grigie, fornite generalmente di ombre proprie. Si presentano in banchi o strati.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



Cirrostrati: sono costituiti da un velo trasparente e biancastro di cirri e sono formati da cristalli di ghiaccio. Formano un caratteristico alone intorno al sole. Quando compaiono in cielo dopo i cirri annunciano l’arrivo di un fronte caldo.

Immagine tratta da: CD ROM di “*Meteorologia marina*”, I.I. 4002,
dell’Istituto Idrografico della Marina



$C_L = 0$ $C_M = 0$ $C_H = 1$

Cirri: sono nubi staccate, di aspetto serico, e delicato, striato senza ombre e generalmente bianche. Sono costituiti da cristalli di ghiaccio. Alle nostre latitudini, in genere, precedono l’arrivo di perturbazioni.

Stato del Tempo

Terminologia

Sereno

Quasi sereno/Poco nuvoloso

Parzialmente nuvoloso

Nuvoloso

Coperto

Fair

Fine

Partly cloudy

Cloudy

Overcast

Copertura nuvolosa

0

< 3/8

3-5/8

6-7/8

8/8

Visibilità

Terminologia in uso

Pessima (nebbia)	<i>very bad (fog)</i>	< 0.2 km
Cattiva (nebbia)	<i>bad (fog)</i>	0.2-1
Scarsa (foschia)	<i>poor</i>	1-4
Discreta	<i>moderate</i>	4-10
Buona	<i>good</i>	10-20
Molto buona	<i>very good</i>	20-50
Ottima	<i>excellent</i>	> 50

Nebbia (foschia): quando la condensazione del vapore acqueo si verifica negli strati d'aria vicini alla superficie terrestre, si ha la formazione di un certo numero di goccioline d'acqua che, rimanendo sospese, hanno l'effetto di diminuire la visibilità, in maniera dipendente dalla loro concentrazione.

Il fenomeno dipende **dall'umidità relativa presente, dalla temperatura dell'aria e da quella del suolo (mare).**

I processi che conducono alla formazione della nebbia (foschia) sono quelli che accrescono l'umidità relativa dell'aria fino a farle superare il punto di saturazione (raffreddamento e, meno frequentemente, evaporazione).

La previsione della nebbia in mare si ottiene misurando la temperatura dell'aria (mediante il termometro a fionda che misura la temperatura asciutta e bagnata, per ottenere la "temperatura di rugiada" (*dew point*) tramite le tavole psicrometriche) e del mare (mediante il termometro a vaschetta).

Termometro a fionda



Termometro a vaschetta



Immagini tratte da: CD ROM di "Meteorologia marina", I.I. 4002, dell'Istituto Idrografico della Marina

Esempio

Temperatura aria (bulbo asciutto) 12°C,
Temperatura aria (bulbo bagnato) 10°C,



differenza psicrometrica = 2°C



Umidità relativa 78%

Temperatura di rugiada 8°C

2014

Tratto da: "Tavole Nautiche",
Istituto Idrografico della Marina,

TAVOLA 14

		TAVOLA PSICROMETRICA																
		(Umidità relativa U in centesimi e Punto di rugiada Td in °C)																
Temperat. termom.	Differenza psicrometrica (per letture eseguite al livello del mare, e cioè a pressione intorno a 1000 mb.)																	
	0°:0	1°:0	2°:0	3°:0	4°:0	5°:0	6°:0	7°:0	8°:0	9°:0	10°:0	11°:0	12°:0	13°:0				
bagnato	U	Td	U	Td	U	Td	U	Td	U	Td	U	Td	U	Td	U	Td	U	Td
	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%
-20	82	-22	27	-34														
-19	83	-21	31	-31														
-18	84	-20	36	-29														
-17	85	-19	40	-27														
-16	86	-18	44	-25														
-15	87	-17	47	-23														
-14	87	-16	51	-21	19	-31												
-13	88	-15	54	-19	25	-27												
-12	89	-13	57	-18	29	-25												
-11	90	-12	60	-16	34	-22												
-10	91	-11	62	-15	38	-20												
-9	91	-10	64	-14	42	-18	21	-25										
-8	92	-9	67	-12	45	-16	26	-22										
-7	93	-8	69	-11	48	-14	30	-19										
-6	94	-7	71	-9	52	-12	34	-17	19	-23								
-5	95	-6	74	-8	55	-11	38	-14	24	-19								
-4	96	-5	76	-7	58	-9	42	-12	28	-16								
-3	97	-4	78	-6	60	-8	45	-11	32	-14	20	-19						
-2	98	-3	79	-5	63	-6	48	-9	35	-12	25	-16						
-1	99	-2	81	-4	65	-5	51	-7	39	-10	28	-13						
0	100	0	83	-2	68	-3	54	-5	42	-8	32	-10						
1	100	1	84	0	69	-2	56	-3	43	-6	35	-8	26	-10				
2	100	2	84	1	70	-1	58	-2	43	-4	37	-6	29	-8	21	-11		
3	100	3	85	2	72	0	60	-1	49	-3	40	-4	31	-6	24	-9		
4	100	4	86	3	73	0	61	0	51	-1	42	-3	34	-5	26	-7	20	-9
5	100	5	86	4	74	0	63	1	53	-0	44	-2	36	-3	29	-5	23	-7
6	100	6	87	5	75	4	64	3	54	1	46	0	38	-2	31	-3	25	-5
7	100	7	87	6	76	5	65	4	56	3	48	1	40	0	33	-2	27	-4
8	100	8	88	7	76	6	66	5	57	4	49	3	42	1	36	0	30	-2
9	100	9	88	8	77	7	67	6	59	5	51	4	44	3	37	2	32	0
10	100	10	88	9	78	8	69	7	60	6	52	5	46	4	39	3	34	2
11	100	11	89	10	79	9	70	9	61	8	54	7	47	5	41	5	36	3
12	100	12	89	11	79	11	71	10	63	9	55	8	49	7	43	6	37	4
13	100	13	90	12	80	12	71	11	64	10	56	9	50	8	44	7	39	5
14	100	14	90	13	81	13	72	12	65	11	58	11	51	10	46	9	40	6
15	100	15	90	14	81	14	73	13	66	12	59	12	53	11	47	10	42	7
16	100	16	90	15	82	15	74	14	66	14	60	13	53	12	48	11	43	8
17	100	17	90	16	82	16	74	15	67	15	61	14	55	13	49	13	44	9
18	100	18	91	17	83	17	76	16	68	16	62	15	56	14	46	13	41	10
19	100	19	91	18	83	18	76	17	68	17	63	16	57	16	48	15	42	11
20	100	20	91	19	84	19	76	18	69	18	63	16	57	16	48	15	42	11
21	100	21	92	20	84	20	77	19	70	19	64	17	58	18	49	17	44	12
22	100	22	92	21	84	21	77	20	71	20	65	18	59	19	50	18	45	13
23	100	23	92	22	84	22	78	21	71	21	65	21	60	21	55	20	50	14
24	100	24	92	23	84	23	78	22	72	22	66	22	61	22	56	21	51	15
25	100	25	92	24	85	24	78	23	72	23	67	23	62	23	57	22	52	16
26	100	26	92	25	85	25	79	24	73	24	67	24	62	24	58	23	53	17
27	100	27	93	26	86	26	79	25	73	25	68	25	63	25	58	24	54	18
28	100	28	93	27	86	27	80	26	74	26	69	26	64	26	59	25	55	19
29	100	29	93	28	86	28	80	27	74	27	69	27	64	27	60	27	55	20
30	100	30	93	29	86	29	80	28	75	28	70	28	65	28	60	28	56	21
31	100	31	93	30	87	30	81	30	75	30	70	30	65	30	61	29	57	22
32	100	32	93	31	87	31	81	31	76	31	71	31	66	31	61	30	57	23
33	100	33	93	32	87	32	81	32	76	32	71	32	66	32	61	31	58	24
34	100	34	93	33	87	33	81	33	76	33	71	33	67	33	62	32	58	25
35	100	35	94	34	87	34	82	34	77	34	72	34	67	34	63	33	59	26
36	100	36	94	35	88	35	82	35	77	35	72	35	68	35	63	34	59	27
37	100	37	94	36	88	36	83	36	77	36	72	36	68	36	64	35	60	28
38	100	38	94	37	88	37	83	37	77	37	73	37	68	37	64	37	60	29
39	100	39	94	38	88	38	83	38	78	38	73	38	68	38	64	38	60	30
40	100	40	94	39	88	39	84	39	78	39	74	39	69	39	65	39	61	31

Nebbia da irraggiamento: caratteristica in inverno e autunno, in pianure e vallate. Raramente si forma sul mare.

In presenza di aria con elevata umidità relativa, cielo sereno, venti sino a 5 nodi, è causata dal raffreddamento notturno del suolo, ed è associata alla formazione di brina (temperatura dell'aria negativa) o rugiada (temperatura dell'aria positiva).

Nebbia d'irraggiamento (*radiation fog*)

	<i>cielo</i>	<i>vento (nodi)</i>	<i>ore locali</i>	<i>luogo</i>	<i>temperatura aria</i>	<i>umidità relativa (%)</i>
Condizioni di formazione	sereno inversione al suolo	2-5	dalle 17 alle 9	terra, acque costiere	bassa	100
Condizioni di dissolvimento	sereno	> 5	dopo le 9	terra, acque costiere	in aumento	< 100
Condizioni di non formazione	coperto	> 5	dalle 9 alle 17	terra, mare oltre 10 M	alta	< 100

Tabella tratta da: "Manuale dell'Ufficiale di Rotta", Istituto Idrografico della Marina, pag. 684

Nebbia da evaporazione: si forma sui mari **quando l'acqua è più calda dell'aria sovrastante**. Fenomeno frequente nelle coste artiche e nei fiordi della Norvegia, che produce il caratteristico "mare fumante". Alle latitudini intermedie è meno frequente e prende il nome di nebbia "frontale".

Nebbia da evaporazione (*evaporation fog*), nota ai naviganti come **mare fumante** (*frost smoke*)

Unico caso possibile

<i>cielo</i>	<i>vento (nodi)</i>	<i>luogo</i>	<i>temperatura aria (T)</i>	<i>temperatura acqua (T_w)</i>	<i>T_w - T (in °C)</i>	<i>umidità relativa (%)</i>
sereno coperto	> 5	laghi mare	T < T _w	T _w > T	> 6	100

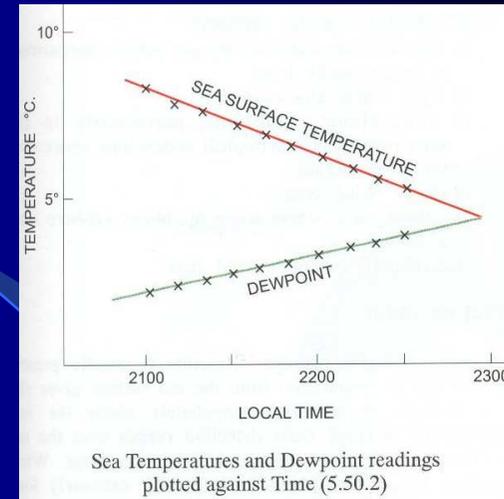
Tabelle tratte da:
 "Manuale dell'Ufficiale di Rotta",
 dell'Istituto Idrografico della Marina,
 pag. 685

Nebbia frontale (*precipitation induced fog*)

<i>Tipo di fronte</i>	<i>Fenomeni in atto</i>	<i>vento (nodi)</i>	<i>luogo</i>	<i>Fronte trasversale alle isobare</i>	<i>Fronte parallelo alle isobare</i>	<i>umidità relativa (%)</i>
Fronte caldo ed occluso a caldo	pioggia forte continua	> 5	mare terra	nei 100 km prefrontali	nei 100 km prefrontali	100
Fronte freddo ed occluso a freddo	pioggia forte continua	> 5	mare terra	NO	nei 100 km postfrontali	100

Figura tratta da:
 “The Mariner’s Handbook”, NP 100,
 Admiralty charts and publications, pag. 107

Nebbia da avvezione: si forma per raffreddamento quando dell’aria umida è costretta a scorrere su una superficie la cui temperatura sia più bassa di quella dell’aria in movimento. È più frequente in mare, in particolare in presenza di correnti marine fredde, oppure, in primavera e all’inizio dell’estate quando l’acqua è relativamente fredda rispetto all’aria.



Nebbia d’avvezione (advection fog)

	<i>cielo</i>	<i>vento (nodi)</i>	<i>luogo</i>	<i>temperatura aria (T)</i>	<i>temperatura suolo (T_g)</i>	<i>temperatura mare (T_w)</i>	<i>temperatura di rugiada (T_d)</i>
Condizioni di formazione	coperto	8-30	mare terra	alta	$T_g < T$	$T_w < T$	$T_d \geq T_g$ $T_d \geq T_w$
Condizioni di dissolvimento	sereno	> 5	mare terra	bassa	$T_g > T$	$T_w > T$	$T_d < T_g$ $T_d < T_w$
Condizioni di non formazione	sereno	> 5	mare terra	alta	$T_g < T$	$T_w < T$	$T_d < T_g$ $T_d < T_w$

Tabella tratta da: “Manuale dell’Ufficiale di Rotta”,
 Istituto Idrografico della Marina, pag. 685