

Osservare e descrivere il tempo

Cenni di meteorologia generale e di climatologia

Adriano Barbi

ARPAV - Centro Meteorologico di Teolo

- **Meteorologia**

studio dell'atmosfera e dei suoi fenomeni

- **Climatologia**

studio delle variazioni statistiche in un arco di tempo

Programma

METEOROLOGIA GENERALE

- Atmosfera standard e circolazione generale
- Principali parametri meteorologici (Temperatura, Pressione, Umidità)
- Moti verticali dell'atmosfera, nubi e fronti

CLIMATOLOGIA

- Cenni di climatologia
- Breve climatologia del Veneto
- I dati, la memoria e le credenze popolari (?)

METEOROLOGIA GENERALE

Atmosfera standard e Circolazione generale

Parametri meteorologici:

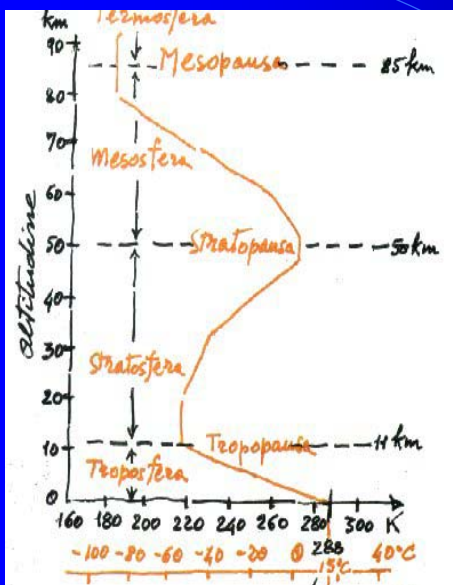
Temperatura
Pressione
Umidità relativa

Formazione delle Nubi e dei Fronti

Atmosfera

Insieme di gas sospesi sopra la crosta terrestre e mantenuti aderenti ad essa per effetto della **forza di gravità** che impedisce loro di disperdersi nello spazio.

Suddivisione dell'atmosfera con la T°



Troposfera (0-circa 11km): la temperatura diminuisce di $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

Tropopausa: strato isotermico ad altezza variabile (più basso ai poli e più alto all'equatore)

Stratosfera: inferiore (11-20 km: isotermia) e superiore (20-50 km: $+0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$).

Mesosfera (70-85 km) la temperatura diminuisce fino a $-92\text{ }^{\circ}\text{C}$.

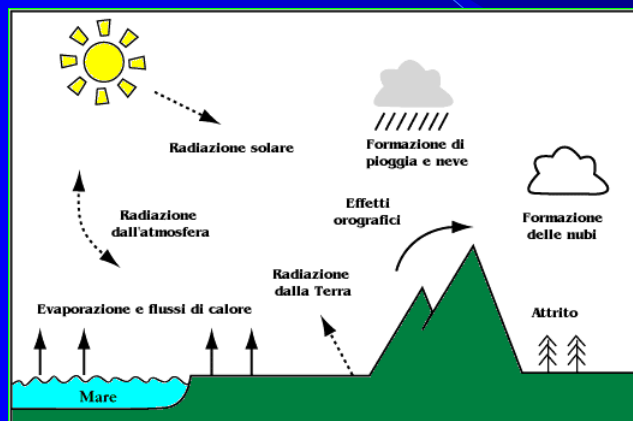
Termosfera (oltre 85km): la temperatura aumenta .

Atmosfera Standard

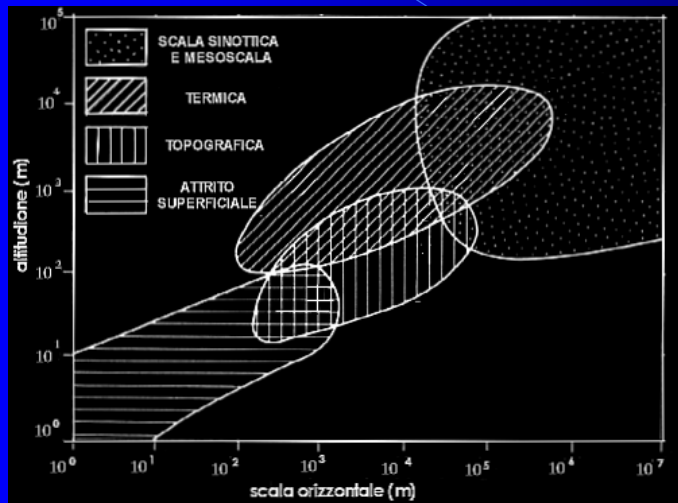
Troposfera (fino a 11000m)

- Componenti fissi (atmosfera, fino a 80 km): Azoto (78%), Ossigeno (21%), Argon (1%).
- Componenti variabili: Vapore acqueo, anidride carbonica, pulviscolo
- Pressione al suolo 1013.3 hPa, temperatura al suolo 15°C.
- Variazione termica verticale: $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$
- Variazione barica verticale: 1hPa/9m
- L'aria si considera non satura e come gas perfetto.

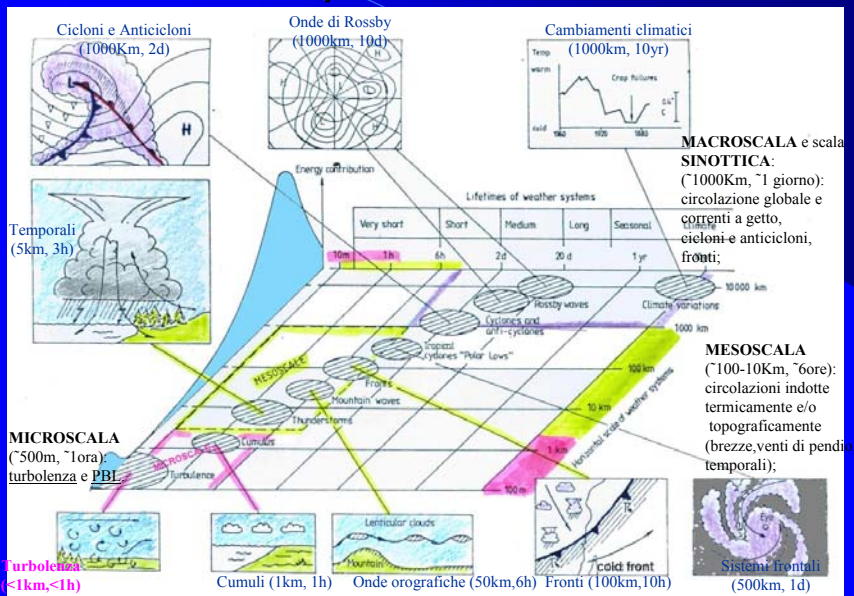
I processi atmosferici



Scale dei processi atmosferici

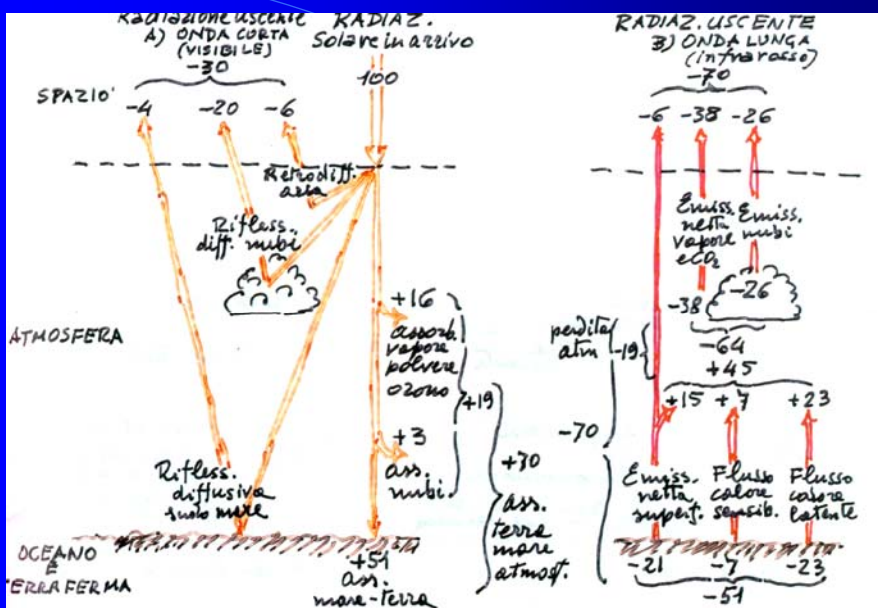


Scale dei processi atmosferici



Radiazione solare

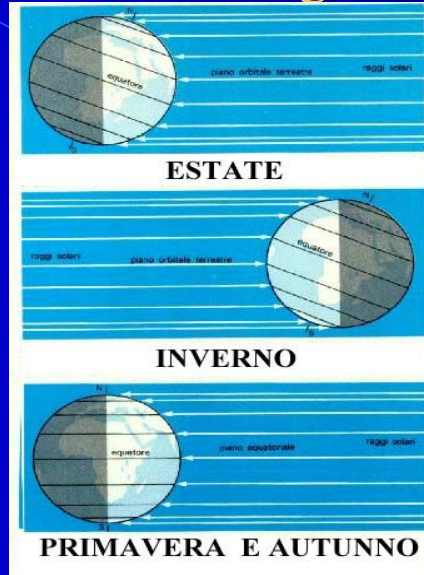
- Il sole è il motore per l'atmosfera, la radiazione è concentrata nel visibile.
- Il 50% della radiazione che arriva all'atmosfera riesce a raggiungere il suolo (uv assorbiti dall'ozono nella stratosfera).
- La terra emette il calore assorbito sotto forma di radiazioni infrarosse (gas serra: anidride carbonica e vapore acqueo), scaldando l'atmosfera a contatto con essa.



L'irraggiamento solare è disomogeneo

L'irraggiamento solare è tanto più efficace quanto più perpendicolari sono i raggi al suolo: la stessa quantità di radiazione investe una superficie minore e deve superare uno strato minore di atmosfera.

L'irraggiamento del suolo dipende dalla latitudine, dalla stagione e dall'ora.



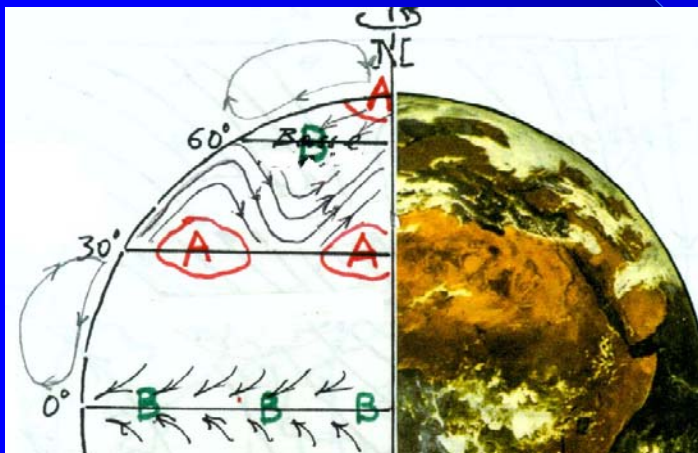
fonte: Roth

Circolazione generale

Il differente riscaldamento solare determina una circolazione a tre cellule

Zona di alta pressione stabile ai tropici e ai poli.

Zona di bassa pressione stabile all'equatore e sul circolo polare.

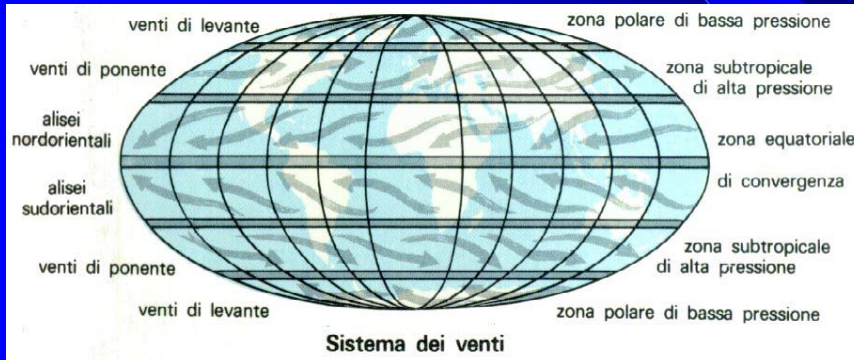


Questa configurazione si sposta più a nord d'estate e più a sud d'inverno quindi le medie latitudini sono influenzate più dall'alta tropicale d'estate e più dalla bassa del circolo polare d'inverno.

Circolazione reale al suolo

Tra l'equatore e il tropico del capricorno e tra il polo nord e il circolo polare il flusso al suolo è prevalentemente da nord/est (alisei e venti di levante)

Tra il il circolo polare e il tropico del capricorno il flusso è prevalentemente occidentale e forma delle onde (di Rossby).



fonte: Roth

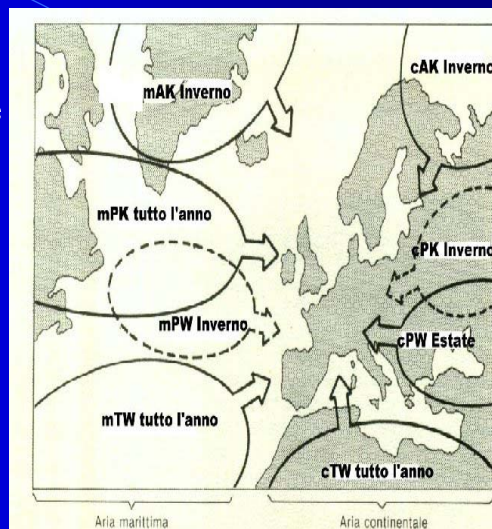
Masse d'aria

Masse che risiedono per lungo tempo sul luogo di origine, fino ad assumerne le caratteristiche: fredda o calda (K o W), marittima o continentale (m o c)

Aria artica (K, m o c): si forma in inverno.

Aria Polare (K o W, m o c): tutto l'anno.

Aria Tropicale (W, m o c): tutto l'anno



fonte: Di Franco

METEOROLOGIA GENERALE

Atmosfera standard
e Circolazione generale

Parametri meteorologici:

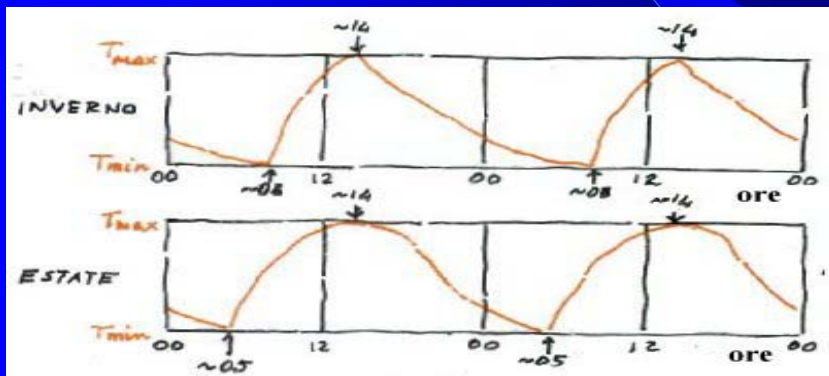
Temperatura
Pressione
Umidità relativa

Formazione delle Nubi e dei Fronti

Andamento giornaliero della temperatura

La temperatura massima viene tipicamente raggiunta nel primo pomeriggio (14).

La temperatura minima poco prima dell'alba.



Distribuzione della T°, brezza

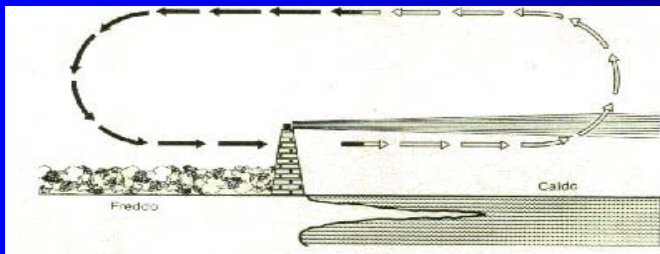
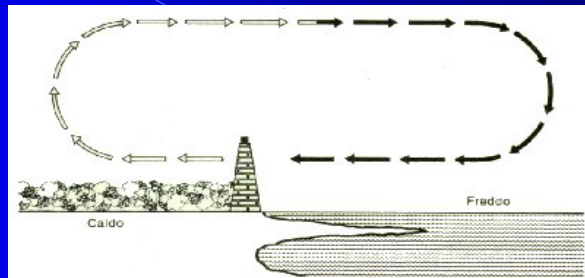
Una stessa quantità di energia incidente su un corpo (o uscente da esso) provoca un innalzamento (o un abbassamento) termico diverso: la Capacità termica è tanto maggiore quanto più piccola è la variazione termica

il mare si riscalda e si raffredda più lentamente della spiaggia
(MINORE ESCURSIONE TERMICA)

La pianura si riscalda e si raffredda più lentamente della montagna
(MAGGIORE ESCURSIONE TERMICA)

Brezza di mare e di terra

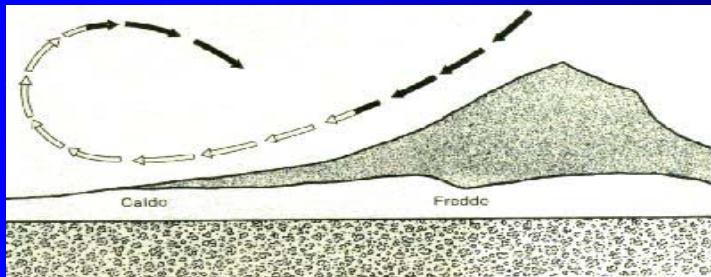
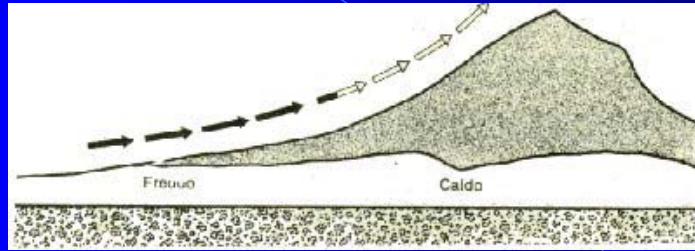
GIORNO
Brezza di mare



NOTTE
Brezza di terra

Brezza di valle e di monte

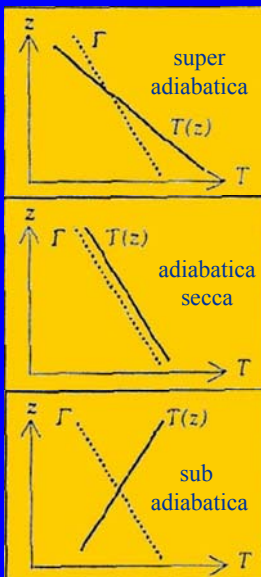
GIORNO
Brezza di
valle



NOTTE
Brezza di
monte

fonte: Di Franco

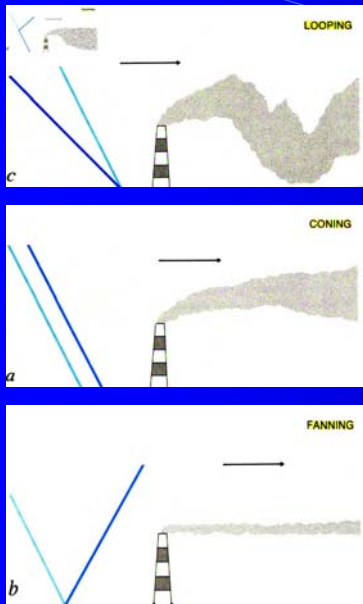
Temperatura e altezza (profili)



- Una bolla d'aria che si solleva rapidamente (adiabaticamente) si raffredda per effetto della sua espansione di $\Gamma=1^\circ\text{C}/100\text{m}$ se non satura, di meno se è saturata (da 0.2 a $0.9^\circ\text{C}/100\text{m}$ per la liberazione di calore latente di condensazione).
- L'atmosfera circostante ha un suo gradiente termico verticale che può essere superadiabatico (più di $1^\circ\text{C}/100\text{m}$), adiabatico o subadiabatico.

TURBOLENZA TERMICA

Stabilità termica

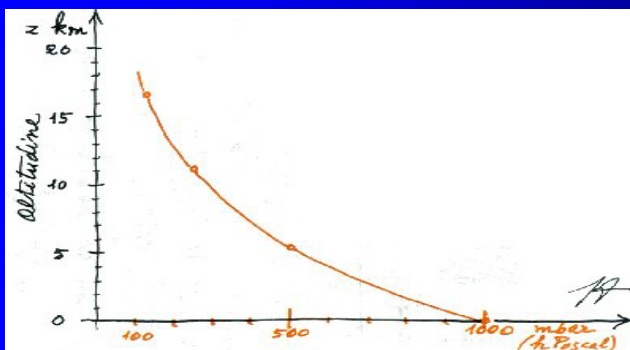


- **SUPERADIABATICA** (instabile A): La bolla d'aria che sale si trova ad essere più calda dell'aria circostante e continua a salire.
- **ADIABATICA** (neutra D)
- **SUBADIABATICA** (stabile F): La bolla d'aria che sale si trova ad essere più fredda dell'aria circostante e torna alla posizione iniziale. Inversione termica è un caso di forte subadiabaticità.

Pressione e altezza

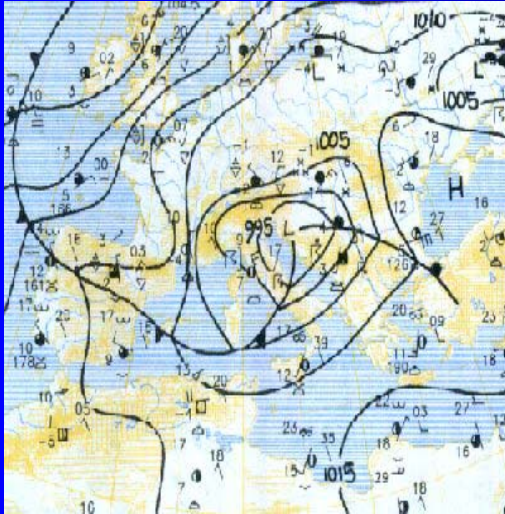
La pressione diminuisce con la quota perché diminuisce lo spessore e quindi il peso della colonna d'aria soprastante.

L'andamento reale segue una legge di potenza che dipende dalla variazione della temperatura con la quota (che non è standard).



Si approssima con tabelle, o con la regola 1mb/9m, ovvero dicendo che la pressione si dimezza ogni 5000m.

Distribuzione della pressione ISOBARE (carte a livello costante)



Le variazioni della pressione a grande scala sono la causa degli spostamenti delle masse d'aria.

La distribuzione della pressione al livello del mare viene descritta con linee corrispondenti a uguali valori (in hPa): ISOBARE

ISOIPSE (carte a pressione costante)

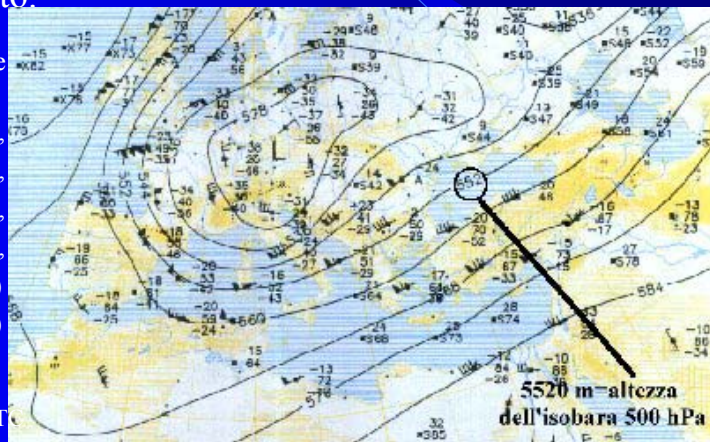
I valori della pressione in quota vengono riportate con ISOIPSE (linee di geopotenziale), che indicano l'altezza (in decine di metri) della superficie isobarica di riferimento.

Le superfici isobariche principali sono:

- 850hPa (circa 1500m),
- 700hPa (circa 3000m),
- 500hPa (circa 5500m),
- 300hPa (circa 9100m),
- 200hPa (c.ca 11800m)
- 100hPa (c.ca 16100m)

Carta a 500 hPa

DWD 19.11.99 12 UT

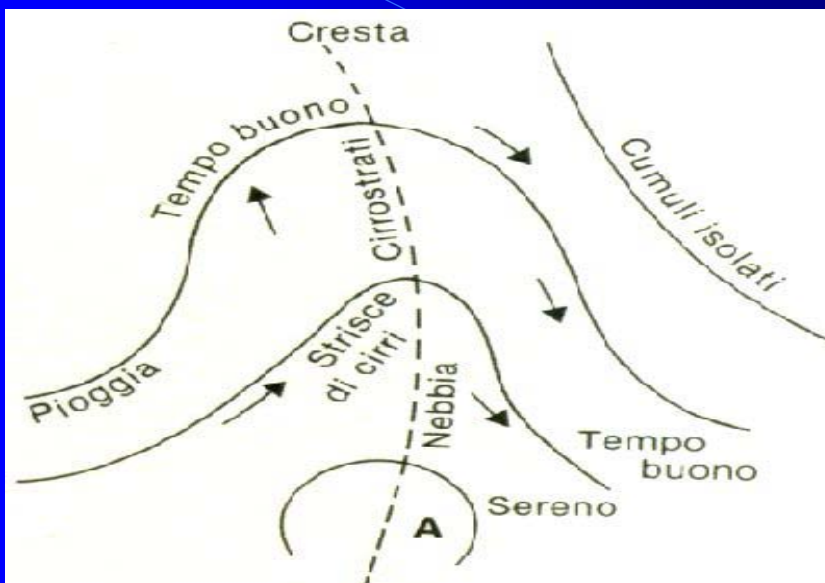


Conformazioni bariche

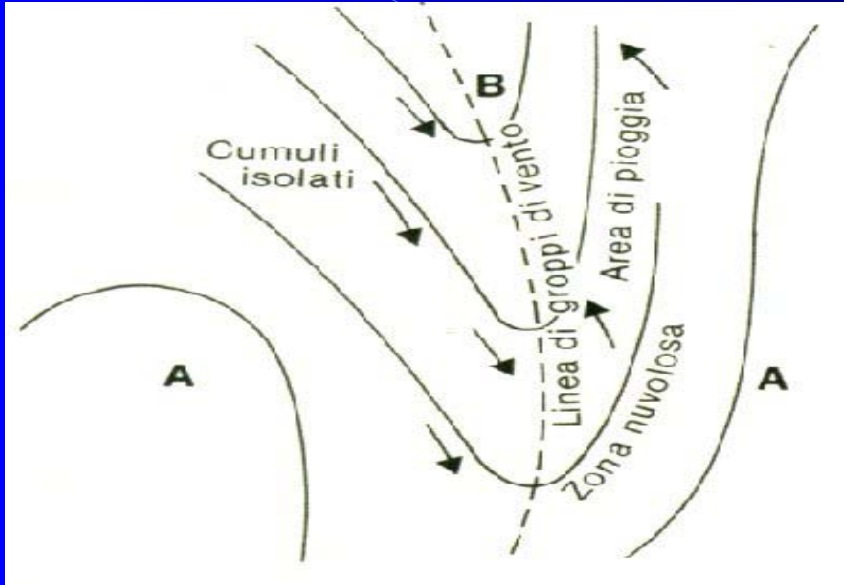
Le isobare (isoipse) possono assumere curvature più o meno cicloniche:

- Anticiclone: isobare chiuse con al centro un'alta pressione.
- Promontorio: una zona di alta pressione che si incunea tra due zone di bassa pressione.
- Pendio: zona con isobare parallele.
- Sella: zona tra due basse e due alte pressioni.
- Ciclone: isobare chiuse con al centro una bassa pressione.
- Saccatura: una zona di bassa pressione che si incunea tra due zone di alta pressione.

Promontorio



Saccatura



fonte: Di Franco

Vento al suolo

AL SUOLO

L'attrito riduce la velocità del vento e quindi la forza di Coriolis non riesce più a bilanciare il gradiente di pressione.

Il vento tende a convergere nelle zone di bassa e a divergere dalle zone di alta pressione.



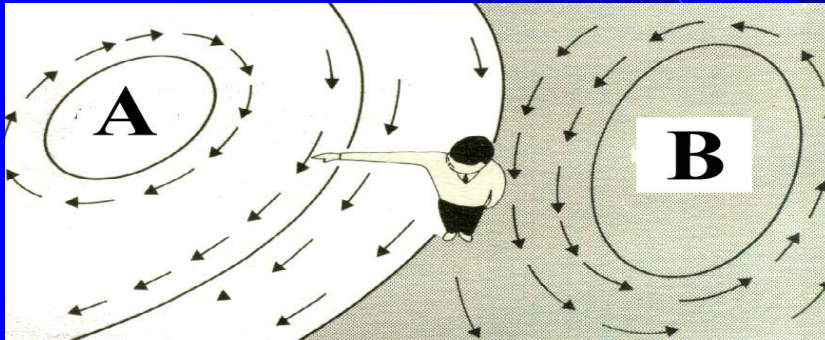
fonte: Di Franco

Vento in quota (emisfero nord)

SOPRA 1500 m

Il gradiente di pressione è bilanciato dalla **forza di Coriolis** (che devia il moto verso destra nell'emisfero nord).

Il vento scorre parallelamente alle isobare lasciando l'alta pressione alla sua destra (emisfero nord) ed è tanto più intenso quanto più ravvicinate sono le isobare.



fonte: Di Franco

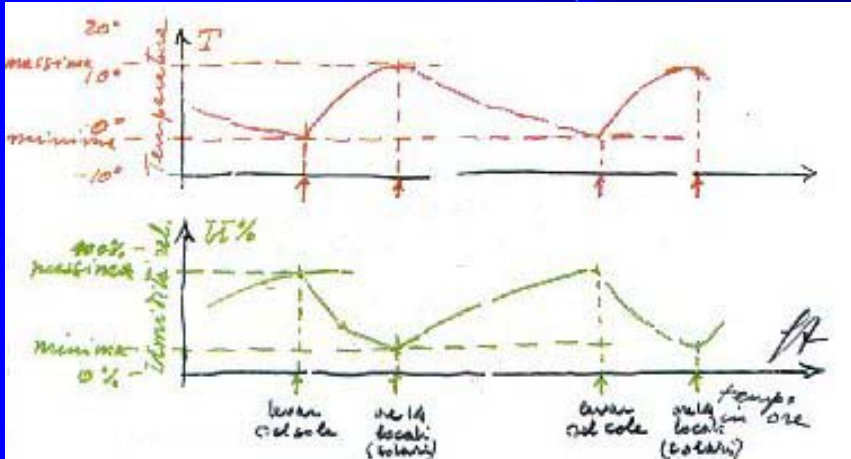
Vapore acqueo: UR

Il vapore è un componente essenziale per la meteorologia: viene dal suolo per evaporazione.

UR umidità relativa: quantità di vapore in percentuale rispetto a quella che la massa d'aria potrebbe al massimo contenere (oltre il quale si ha saturazione) a una certa temperatura.

UR e Temperatura

UR è inversamente proporzionale a T, a parità di contenuto di vapore.



fonte:Fea

METEOROLOGIA GENERALE

Atmosfera standard
e Circolazione generale

Parametri meteorologici:

Temperatura
Pressione
Umidità relativa

Formazione delle Nubi e dei Fronti

Formazione delle nubi

Le nubi sono formate da minuscoli goccioline d'acqua e/o cristalli di ghiaccio.

Quindi si ha la formazione di nubi quando il vapore contenuto nella bolla d'aria diventa saturo (in presenza di nuclei di condensazione), il che può succedere:

- Per sollevamento (forzato o convettivo) (raffreddamento adiabatico)
- Per raffreddamento (raffreddamento isobarico)
- Per umidificazione

Formazione di nubi per sollevamento

- Per effetto della diminuzione della pressione con la quota, **una bolla d'aria che sale** è costretta ad espandersi, quindi compie lavoro sull'ambiente esterno a spese della sua energia interna, quindi **SI RAFFREDDA**.
- Dato che l'UR è inversamente proporzionale a T, il vapore acqueo contenuto nella bolla d'aria **raffreddandosi si avvicina alla saturazione**

Cause dei moti verticali

Il sollevamento (adiabatico) di una bolla d'aria può essere causato:

- dalla presenza di un ostacolo
- dalla presenza di una superficie frontale
- da un forte riscaldamento dal basso (termoconvezione: quando il suolo si scalda molto a causa di un forte irraggiamento)
- da un forte raffreddamento dall'alto (flusso di aria fredda negli strati più alti, che tende a scendere perché più pesante e quindi a sollevare l'aria sottostante)

Nubi stratiformi e cumuliformi

Se il sollevamento della bolla d'aria è lento e poco profondo, le nubi che si formeranno saranno stratiformi (a sviluppo orizzontale).

Queste nubi sono tipiche dei fronti caldi.

Se il sollevamento verticale è rapido e profondo, le nubi che si formeranno saranno cumuliformi (a sviluppo verticale).

Queste nubi sono tipiche dei fronti freddi e della termoconvezione estiva.

Formazione di nubi per raffreddamento

Quando una massa d'aria calda arriva su un suolo più freddo (nebbia da avvezione) o su uno strato d'aria più freddo (nubi stratificate)

Formazione di nubi per umidificazione

L'UR aumenta perché viene immesso vapore acqueo: la massa d'aria è attraversata da precipitazioni

Classificazione delle nubi Generi

Le nubi si dividono a seconda dell'altitudine della loro base (**generi**):

- Alte (5-13 Km): Cirri (Ci), Cirrocumuli (Cc) e Cirrostrati (Cs)
- Medie (2-7Km): Altocumuli (Ac), Altostrati (As) e Nembostrati (Ns)
- Basse: (0-2 Km): Strati (St), Stratocumuli (Sc), Cumuli (Cu), Cumulonembi (Cb estesi verticalmente anche fino a 12 Km)

Classificazione delle nubi

Specie e Varietà

Si suddividono poi in specie: particolarità della forma o della struttura interna (fibratus, uncinus, spissatus, castellatus, floccus, stratiormis, nebulosus, lenticularis, fractus, humilis, mediocris, congenitus, calvus, capillatus)

Si possono ulteriormente suddividere in varietà:
differente disposizione degli elementi costitutivi, o al grado di trasparenza complessivo (intonsus, vertebratus, undulatus, radiatus, lacunosus, duplicatus, translucidus, perlucidus, opacus)

(foto Bernhard Muhr) da www.wolkenatlas.de

Ci a uncino

(correnti forti in quota, Jet Stream)

Ci spissatus



Ci fibratus

Ci floccus



ALTE

Cs traslucidi (alone) Cc stratiformis



ALTE

AC stratiformis



AC undulatus



MEDIE

AC opacus



AC traslucidus



MEDIE

Ac lenticularis



MEDIE

Ns Nembrostrati



MEDIE

Cu humilis



Cu mediocris virga



BASSE

Cb mediocris



Cb calvus



BASSE

Cb capillatus



Cb capillatus incus



BASSE

Sc cumuligenitus



Sc & Ac



BASSE

Sc stratiformis

Sc undulatus



BASSE

Formazione dei fronti

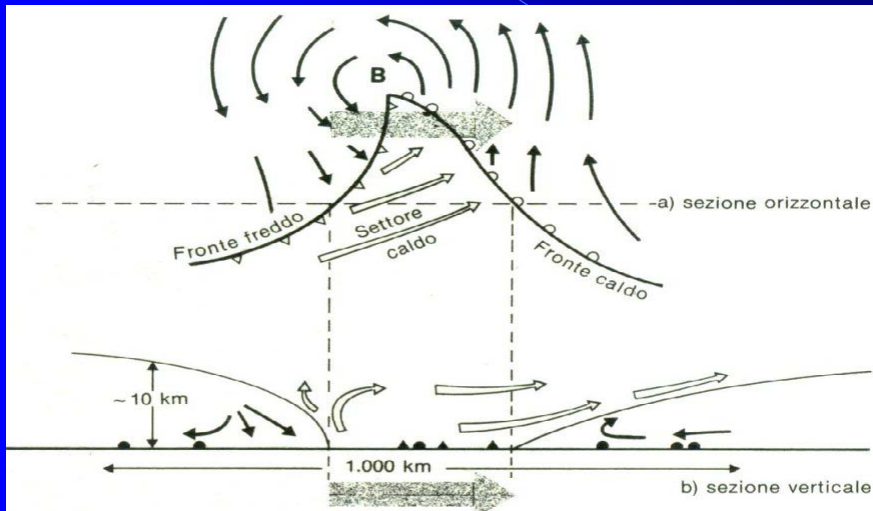
I fronti sono superfici di discontinuità tra due diverse masse d'aria adiacenti.



Tipicamente si formano in corrispondenza della bassa pressione stabile sul circolo polare (FRONTE POLARE) dove l'aria temperata tropicale tende a incunarsi nell'aria fredda polare.

Si formano così famiglie di fronti, con **quello caldo che precede quello freddo**, che si spostano verso Est esaurendosi.

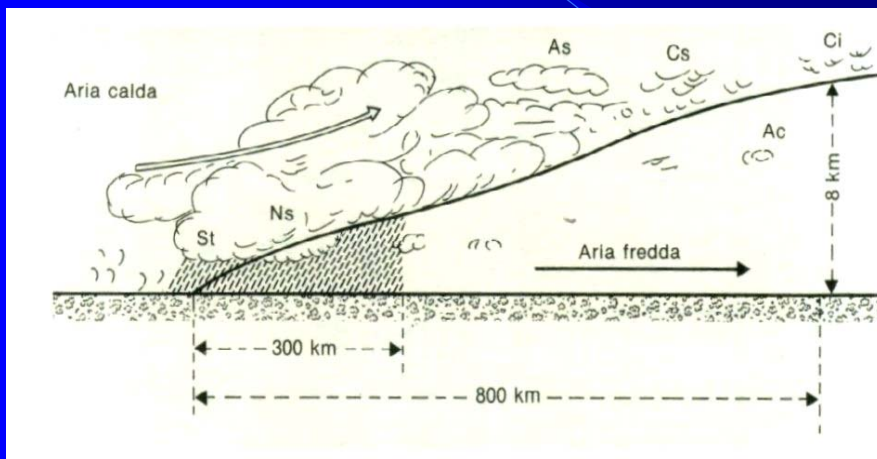
Sezione di un fronte tipico



fonte:Di Franco

Fronte caldo

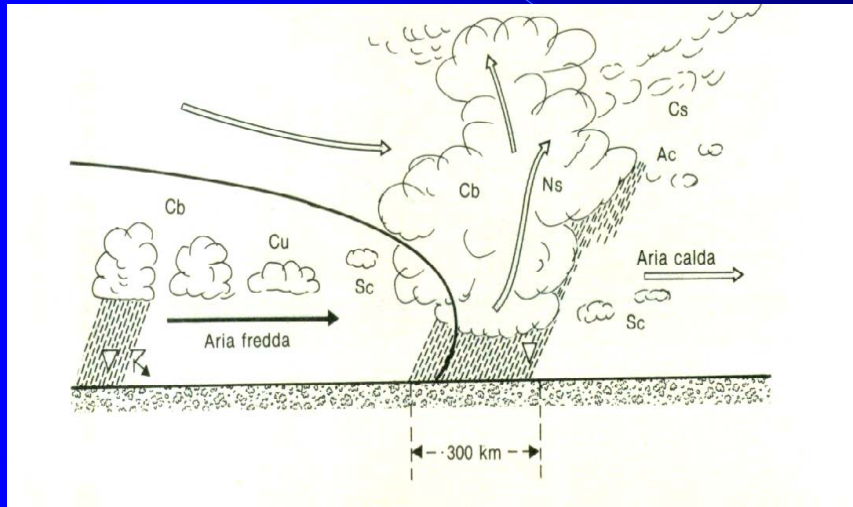
Invasione di aria calda su regioni prima occupate da aria fredda.



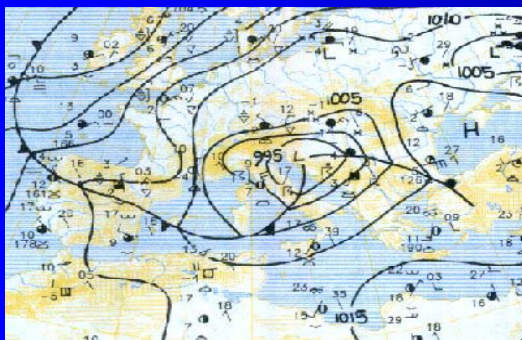
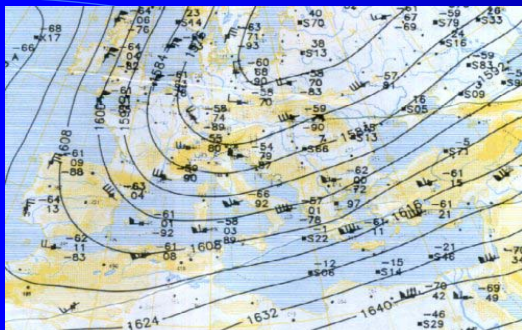
Fonte:di Franco

Fronte freddo

Invasione di aria fredda su regioni prima occupate da aria calda.



Fonte: di Franco



Saccature in quota e fronti

Tipicamente associata a un fronte al suolo si trova in quota una saccatura, in ritardo rispetto al fronte al suolo.

Carta al suolo e a 100 hPa
DWD 19.11.99 12 UTC

Osservazioni meteorologiche

15.000 stazioni SYNOP meteorologiche sinottiche

alle ore

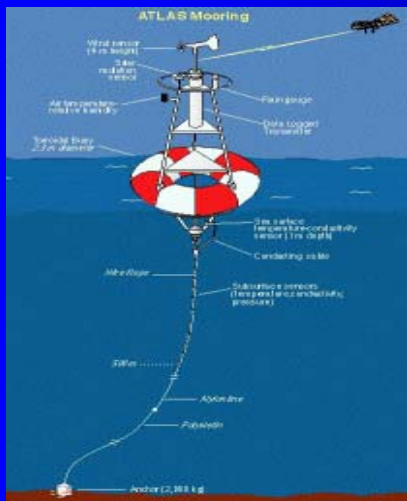
00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC
rilevano dati di:

- pressione,
- precipitazione,
- altezza delle nubi,
- copertura nuvolosa,
- visibilità,
- insolazione
- temperatura
- umidità relativa
- direzione e velocità vento
- stato del mare



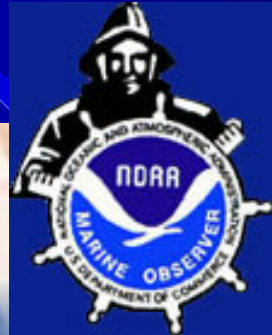
Osservazioni meteorologiche

3.300 boe



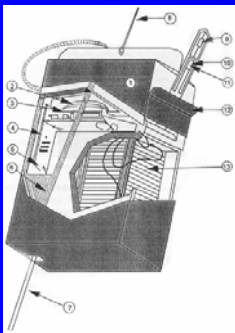
Osservazioni meteorologiche

7.000 navi SHIP



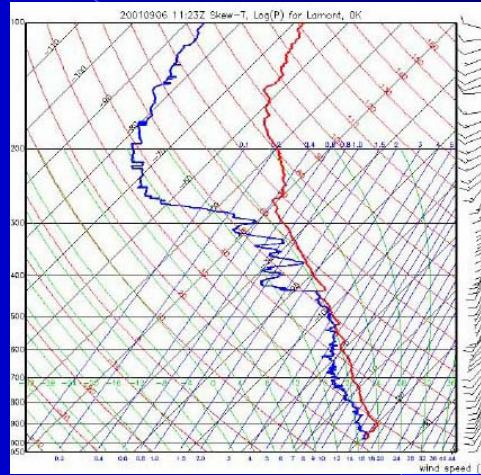
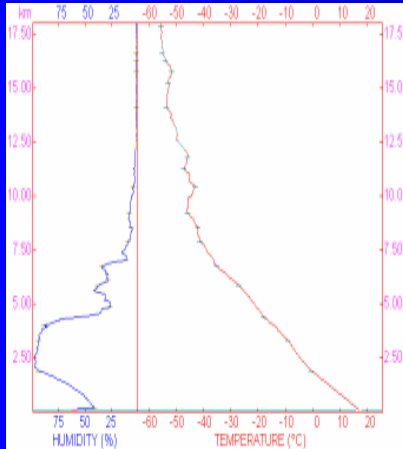
Osservazioni meteorologiche

2.000 radio sonde PILOT



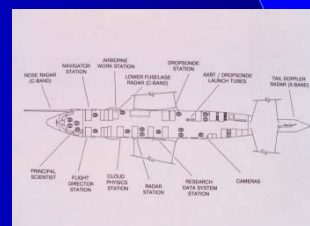
Osservazioni meteorologiche

Radiosondaggi



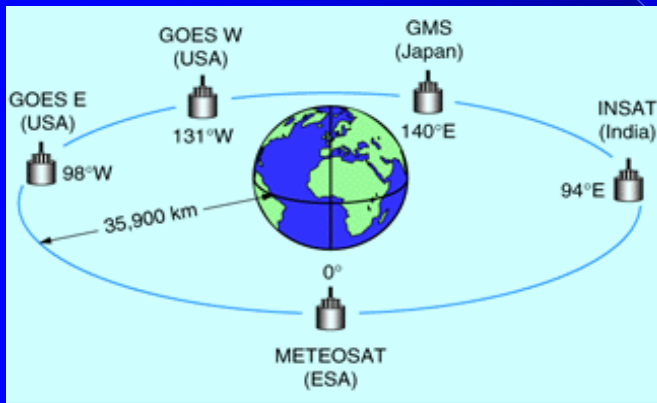
Osservazioni meteorologiche

9.000 aerei



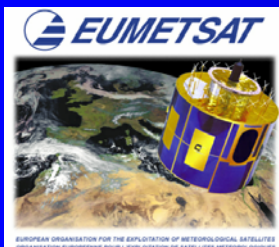
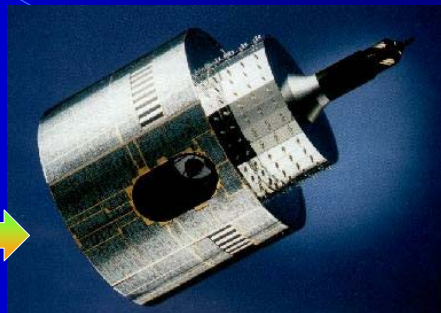
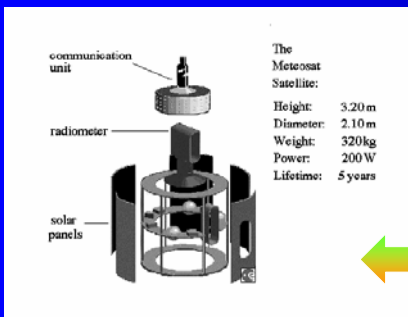
Osservazioni meteorologiche

6 satelliti meteorologici in orbita geostazionaria



36.000 km
sopra
l'equatore

Osservazioni meteorologiche



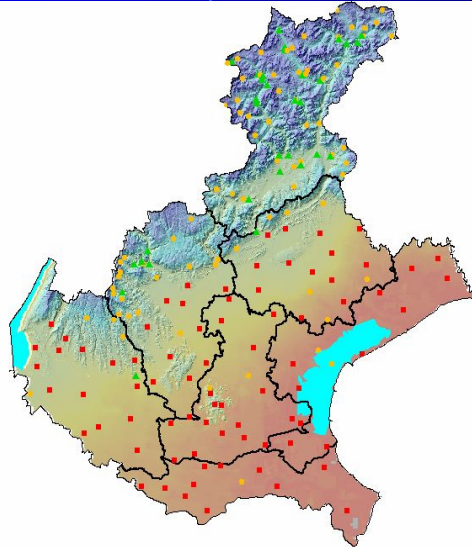
METEOSAT

Il nuovo satellite
meteorologico
europeo

Osservazioni meteorologiche (a scala regionale)

Rete Centro Meteo Teolo
(dal 1991)

- Circa 200 stazioni (160 meteorologiche, 40 idrometriche in bacini montani)



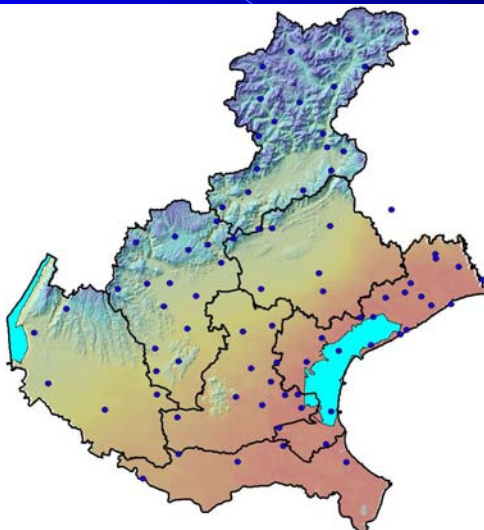
Osservazioni meteorologiche (a scala regionale)

Stazioni storiche
(1961-1990)

precipitazione

fonti:

- Servizio Idrografico
- Aeronautica Militare
- Istituti vari



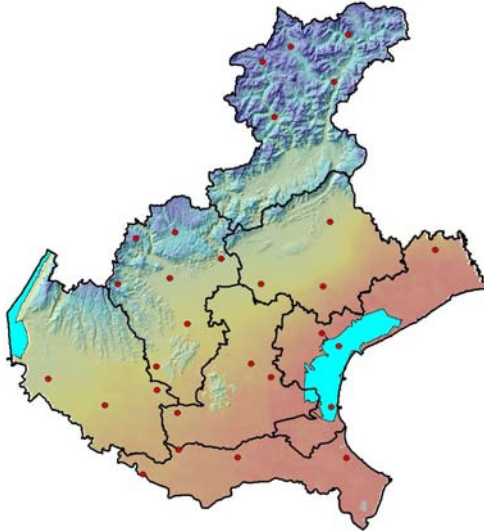
Osservazioni meteorologiche (a scala regionale)

Stazioni storiche
(1961-1990)

temperatura aria

fonti:

- Servizio Idrografico
- Aeronautica Militare
- Istituti vari



Bibliografia

- Pernigotti D., Cenni di meteorologia generale. ARPAV Centro Meteorologico di Teolo (rapporto interno).
- Borghesi S., Climatologia dinamica dei tipi di tempo sul Veneto. Regione Veneto.
- Di Franco F., Come si prevede il tempo. Mursia 1987.
- Dušan Djuric', Weather Analysis. Prentice Hall 1994.
- Fea G., Appunti di Meteorologia fisica descrittiva e generale. ERSA Emilia Romagna 1988.
- Giuliacchi M., Climatologia fisica e dinamica della Valpadana. ERSA Emilia Romagna 1988.
- Roth G.D., Meteorologia. Arnoldo Mondadori Editore 1984.