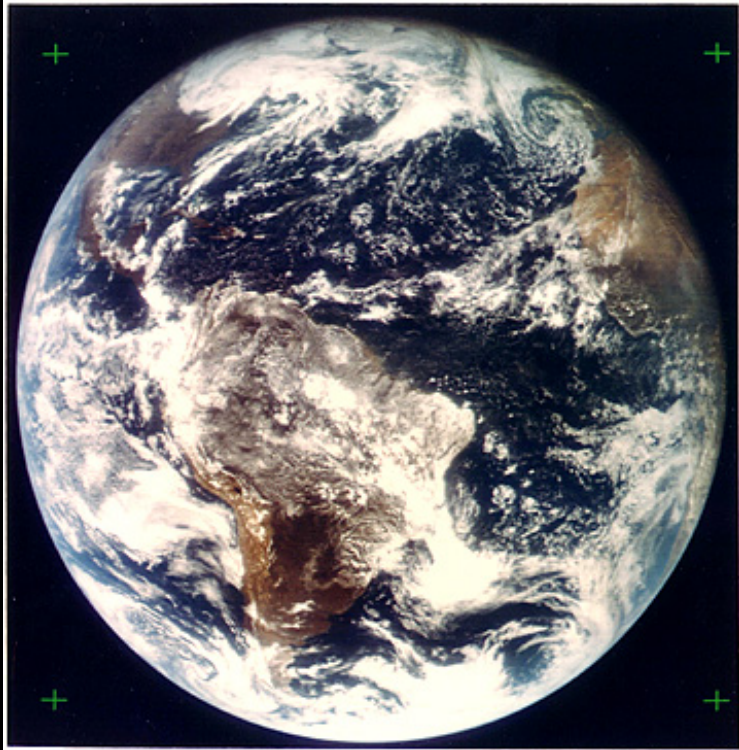


# L'atmosfera

Raggio terrestre: 6370 km  
Spessore atmosfera: 100 km



# Funzioni dell'atmosfera



- Riequilibrio
  - energetico
  - idrico
- Forzatura radiativa
- Filtro selettivo radiazione solare

## Composizione dell'aria secca

<b>GAS</b>		<b>p.m.</b>	<b>% (volume)</b>
<b>Azoto</b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>28</b>	<b>78.08</b>
<b>Ossigeno</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>32</b>	<b>20.95</b>
<b>Argon</b>	<b>A</b>	<b>40</b>	<b>0.93</b>
<b>Anidride carbonica</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>44</b>	<b>0.035</b>
<b>Neon</b>	<b>Ne</b>	<b>20</b>	<b>0.0018</b>
<b>Gas nobili</b>	<b>He, Kr, Xe</b>		
<b><i>Altri gas serra:</i></b>			<b>(ppM)</b>
<b>metano</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>16</b>	<b>1700</b>
<b>monossido e biossido di azoto</b>	<b>NO, NO<sub>2</sub></b>	<b>30, 46</b>	<b>0.001-50</b>
<b>protossido di azoto</b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>44</b>	<b>310</b>
<b>ozono</b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>48</b>	<b>5-10</b>
<b><i>Altri gas impattanti:</i></b>			
<b>Anidride solforosa</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>		<b>0.03-50</b>
<b>CFC</b>	<b>CFCl<sub>3</sub>, CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b>		<b>≈3</b>

# I gas dell'atmosfera

- ✓ Gas fissi:  
concentrazione  
inalterata nel  
tempo e nello  
spazio
- ✓ Gas variabili.....

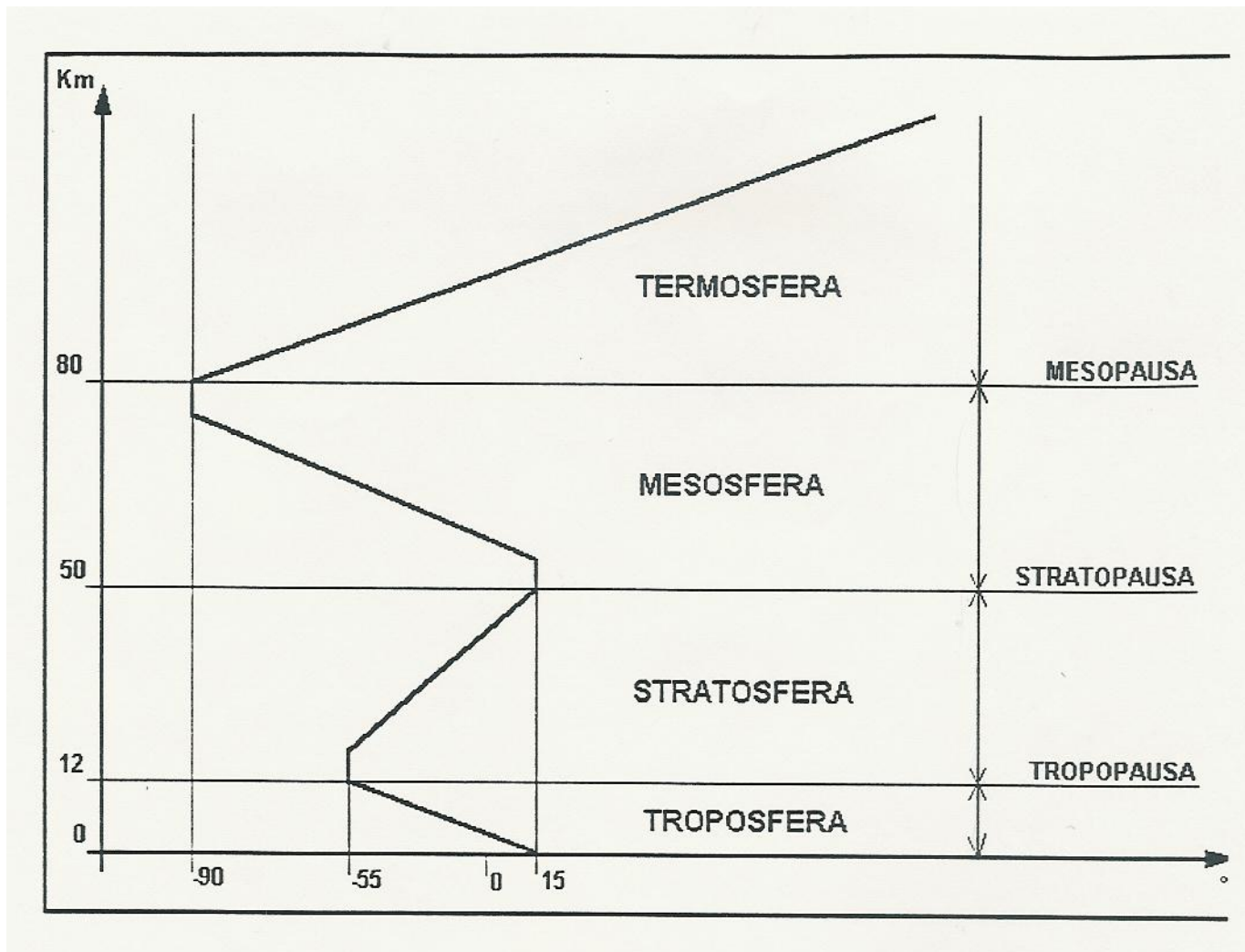
- Tempo di  
residenza

Giorni: vapore acqueo  
 $SO_2$

Anni:  $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O$

Secoli, millenni:  
costituenti principali

# Struttura dell'atmosfera



# La troposfera

Strato di atmosfera a diretto contatto con la superficie terrestre; termina con la tropopausa, situata ad una altitudine variabile con la latitudine: circa 8 km ai poli e 18 km all'equatore.

Sola regione nella quale avvengono i fenomeni atmosferici, in quanto l'inversione termica a partire dalla tropopausa impedisce qualunque moto d'aria verso l'alto nella stratosfera. Le formazioni nuvolose pertanto non si possono spostare oltre la tropopausa.

Il gradiente termico adiabatico ( $T_z$ ) può essere determinato applicando le leggi della termodinamica:

$$T_z = T_0 - 0.0098 * z, \text{ dove}$$

$T_z$  = temperatura dell'aria alla quota  $z$  rispetto al livello del suolo;

$T_0$  = temperatura dell'aria al suolo.

Essendoci però scambi di calore il gradiente termico assume il valore di  $0.6^\circ\text{C}$  ogni 100 m.

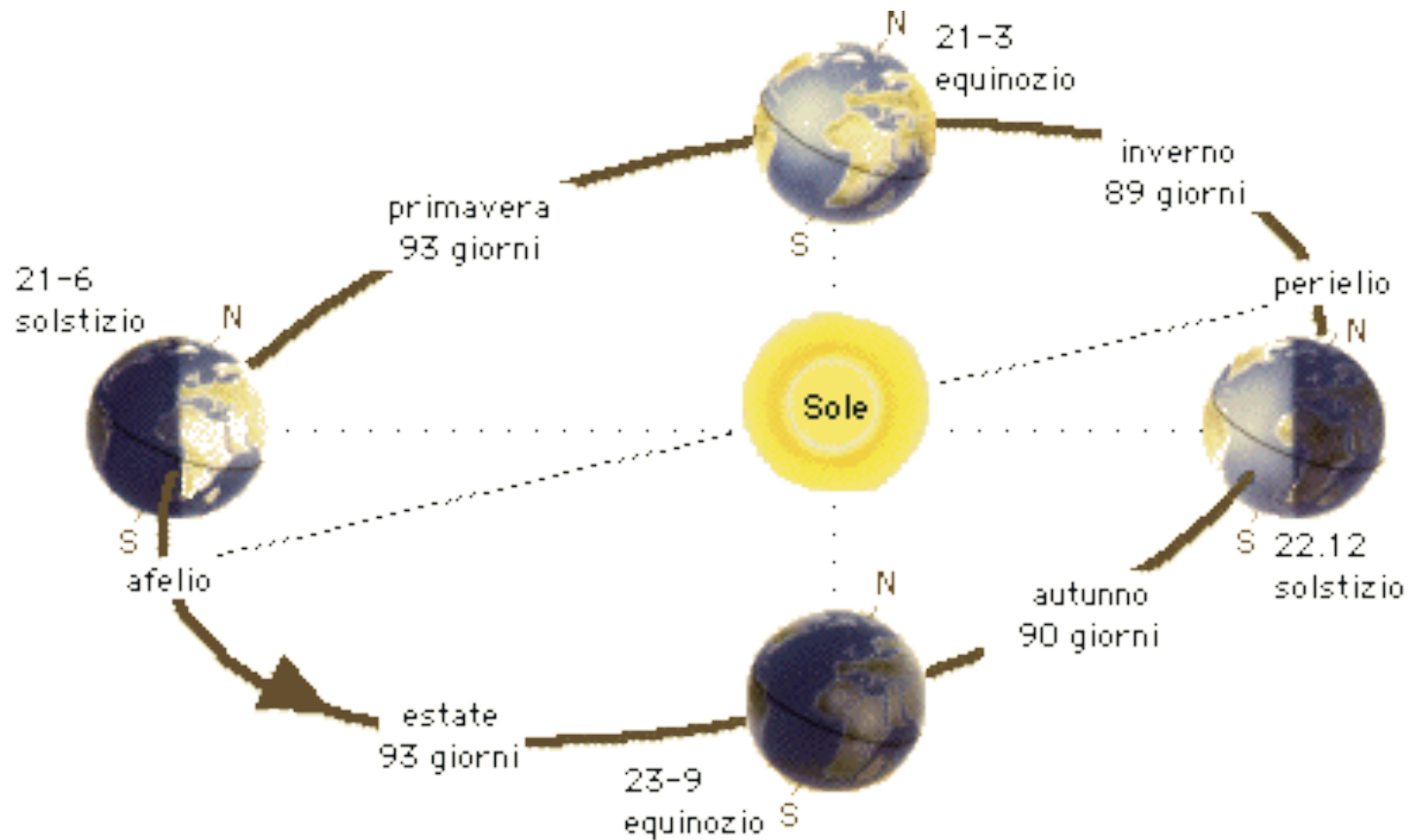
Pur essendo l'andamento medio della temperatura nella troposfera decrescente con la quota, si possono verificare condizioni di inversione termica a quote molto più basse della tropopausa, anche a qualche metro dal suolo o a partire dal suolo stesso nel caso di inversione per raffreddamento notturno (in quest'ultimo caso si ha la probabile formazione di nebbie e foschie).

gradiente barico verticale

$$P = 101.3 * \left( \frac{293 - 0.0065 * z}{293} \right)^{5.26}$$

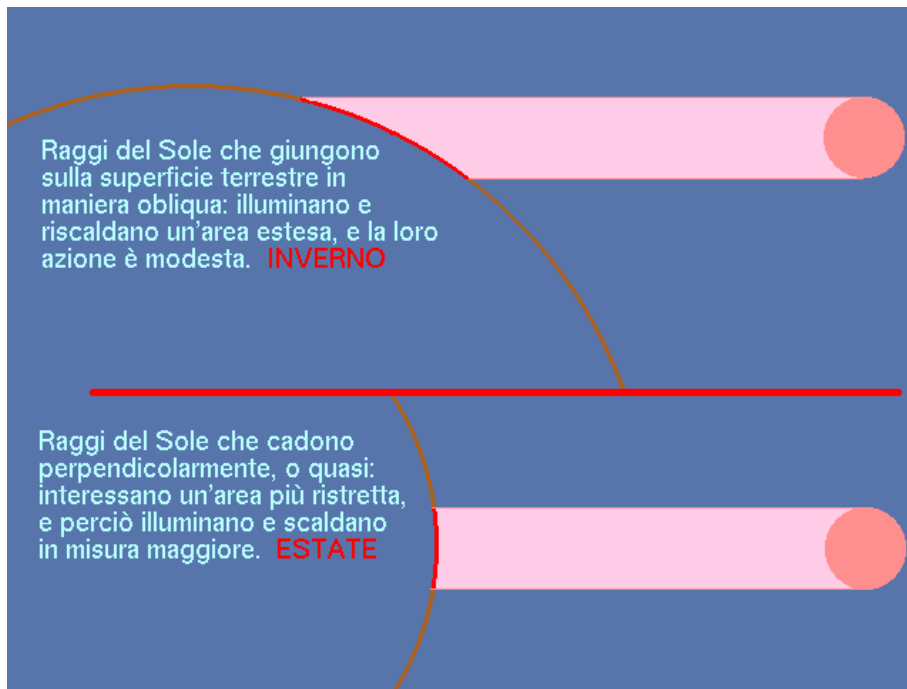
La pressione diminuisce con la quota dal valore di 1013 hPa, che è la pressione media al livello del mare, grosso modo dimezzandosi ogni 5000 m di altitudine (ad esempio a 10000 m ha un valore di 250 hPa).

# Terra-sole



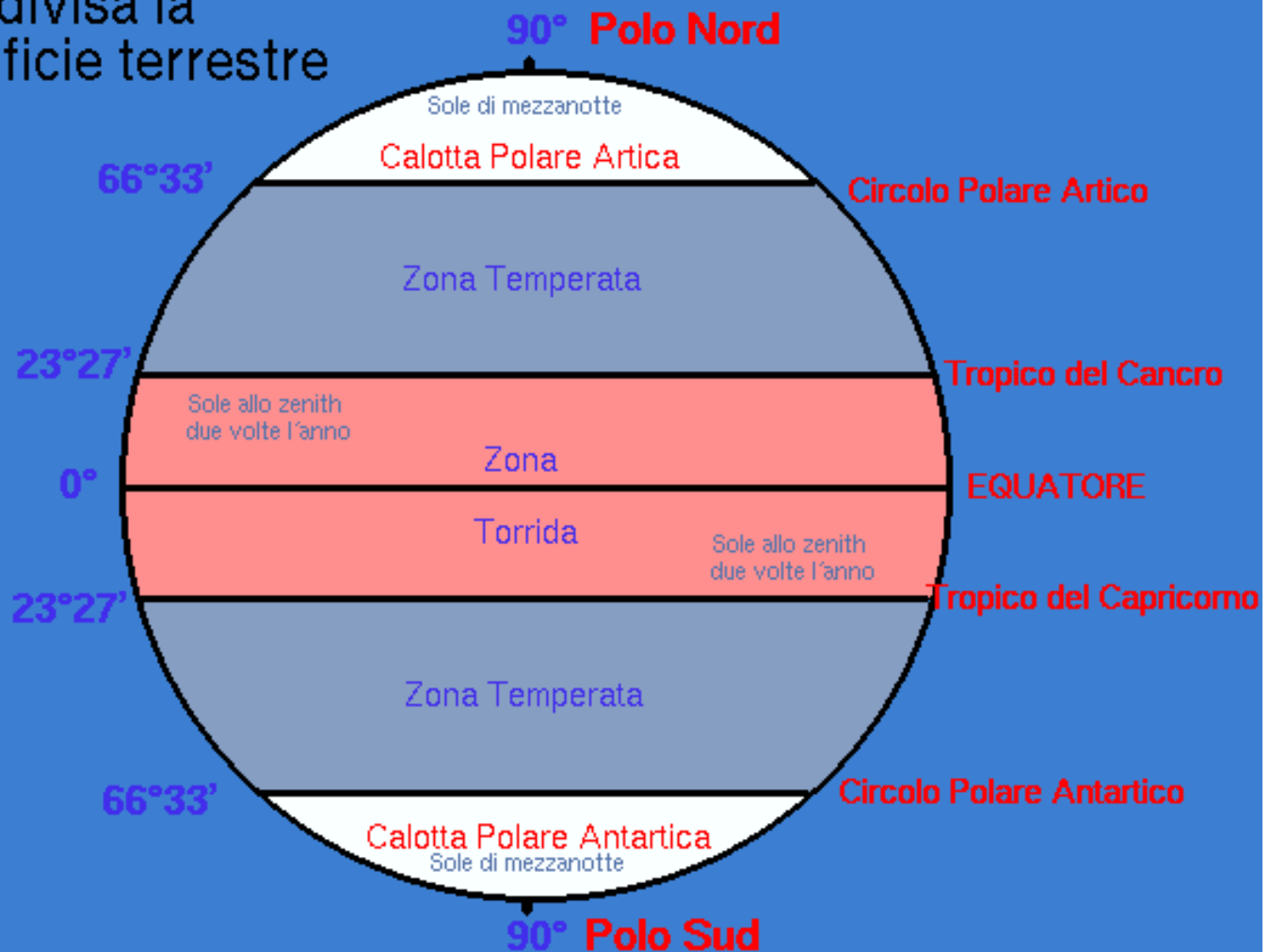


# Disponibilità energetica varia con:



- Periodo dell' anno
- Latitudine
- Ora

Le cinque zone in cui è suddivisa la superficie terrestre



# Moti convettivi

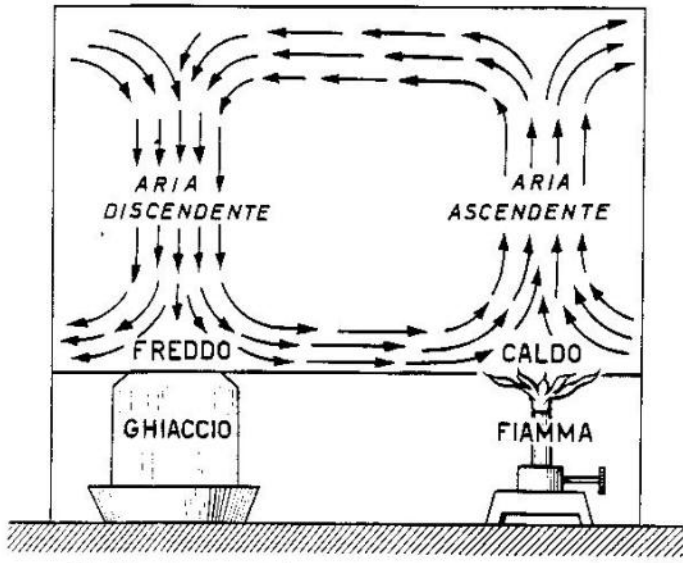
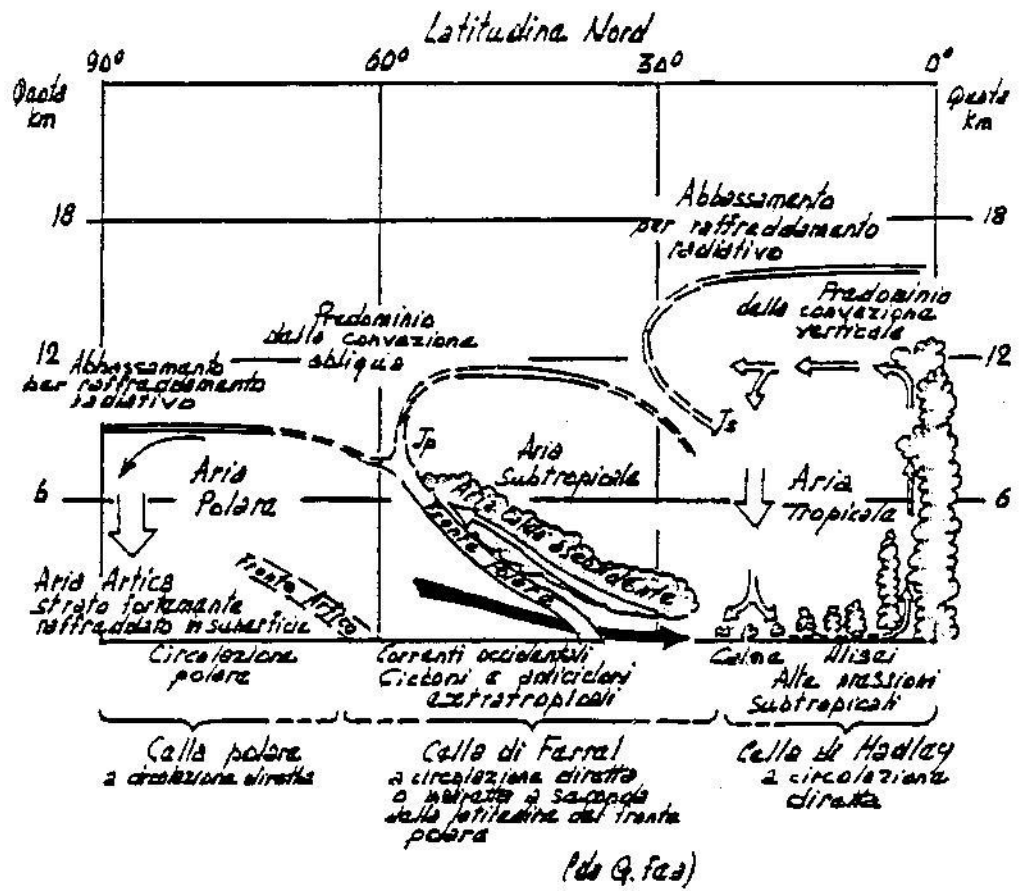
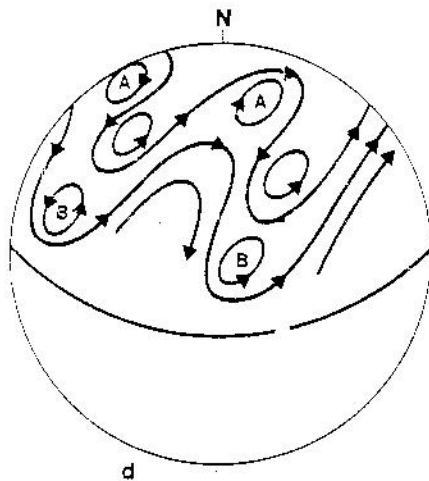
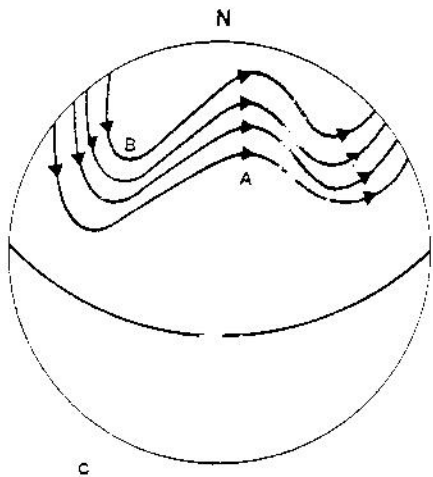
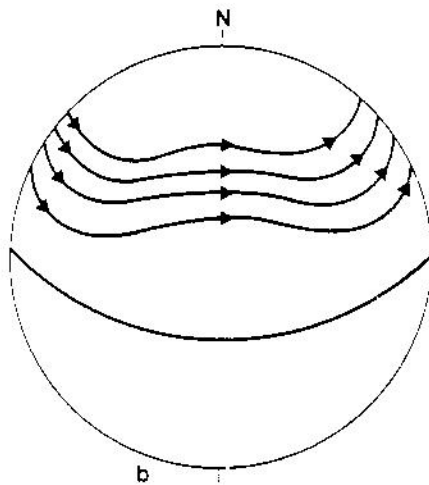
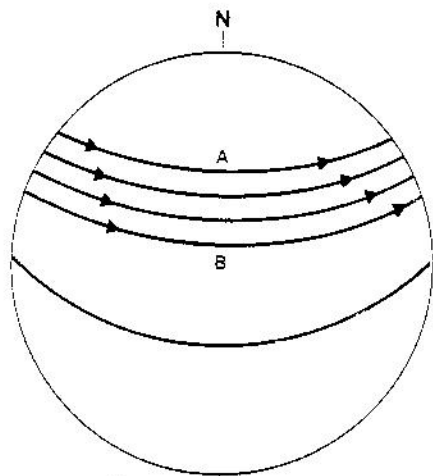


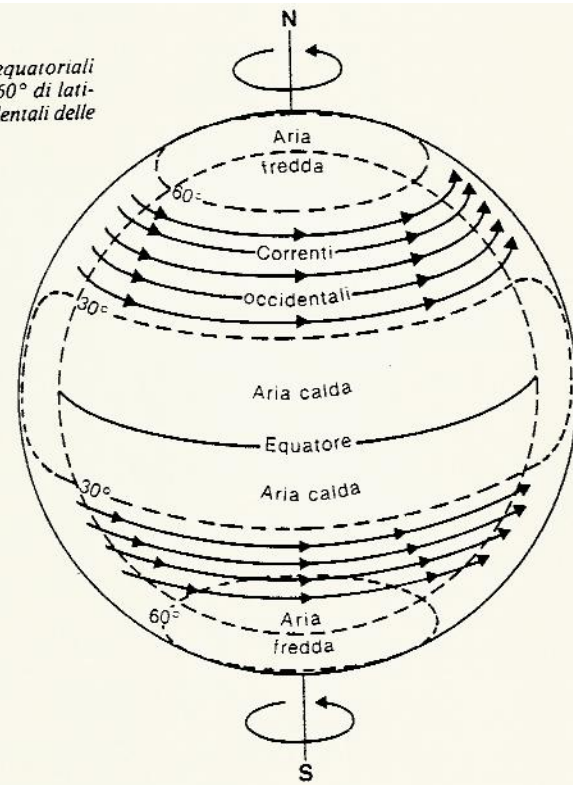
Fig. 29. - Rappresentazione schematica dei moti convettivi.



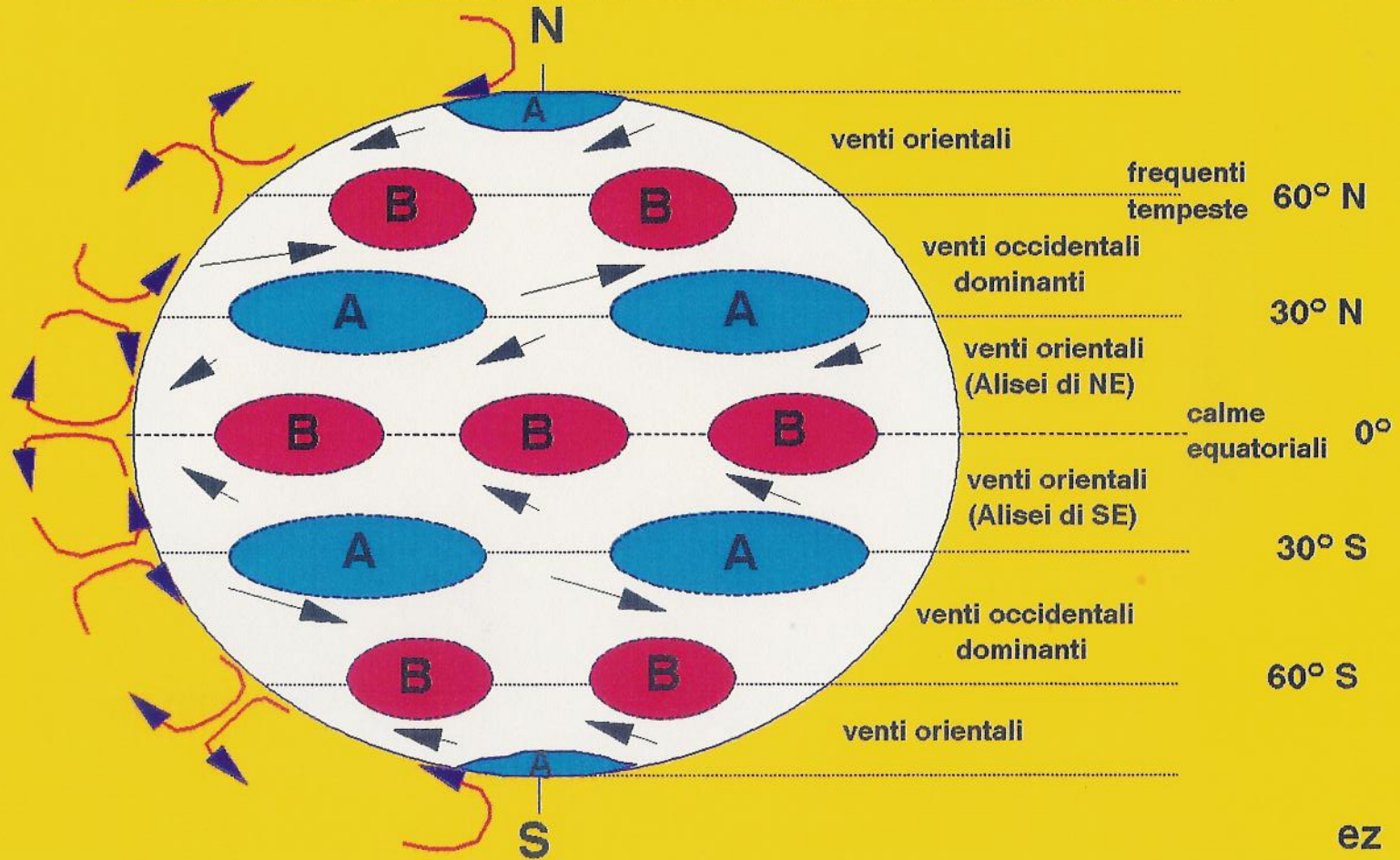
(da Q. faa)



le masse d'aria calde equatoriali  
polar, intorno ai 30°-60° di lati-  
le grandi correnti occidentali delle



# Distribuzione della pressione e dei venti sulla Terra (superficie omogenea)



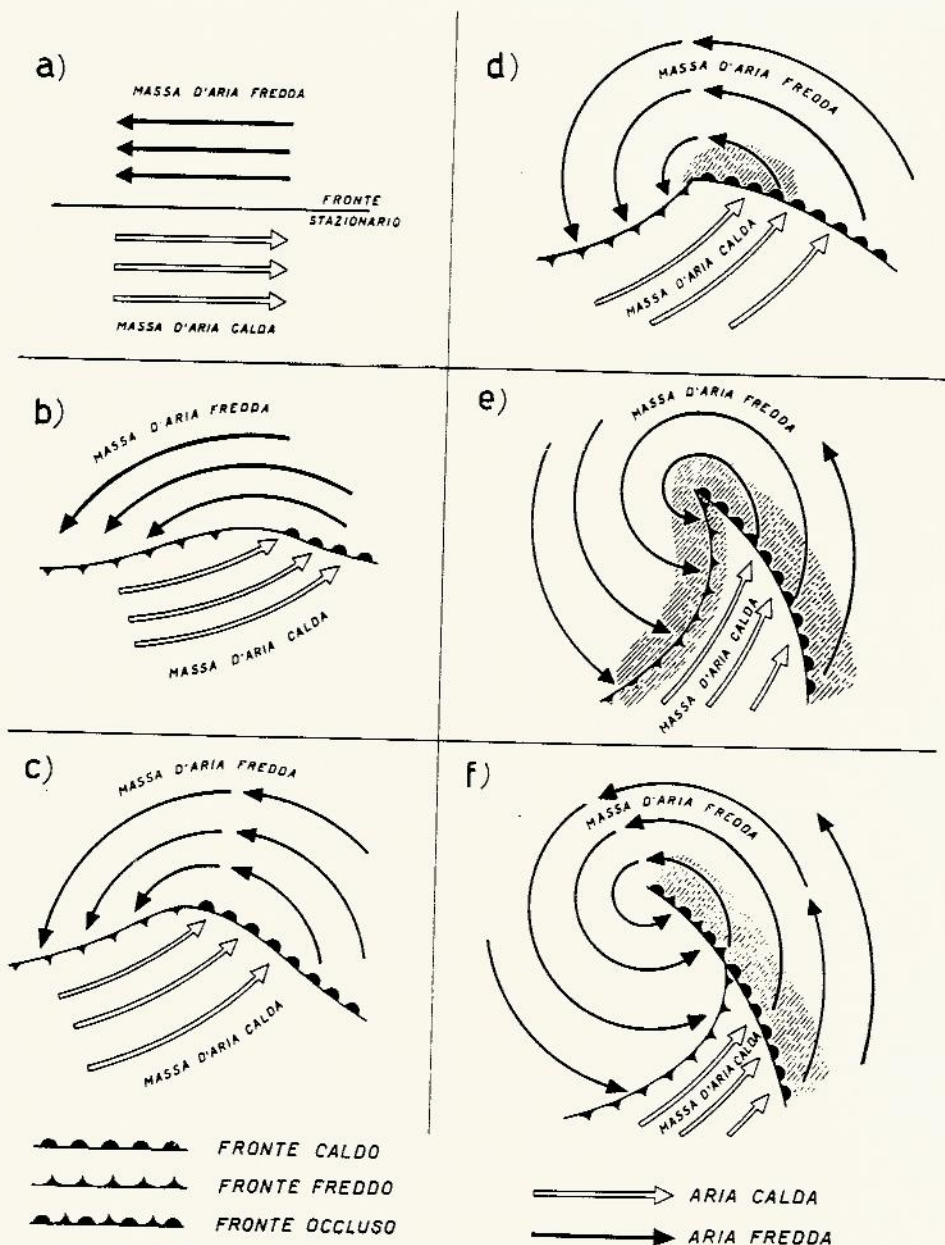
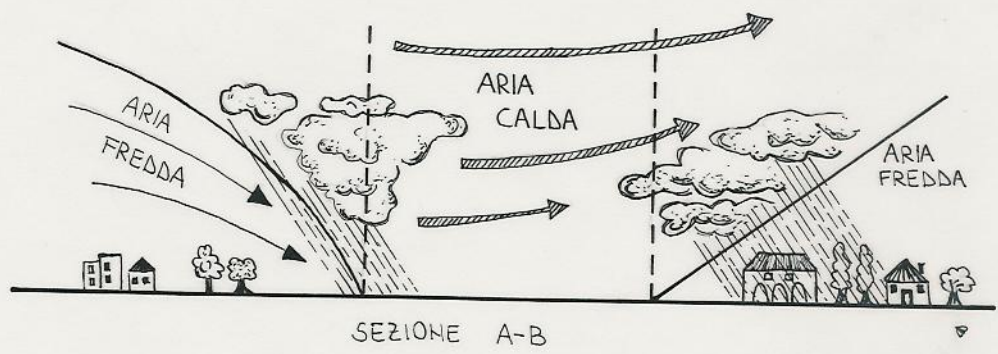
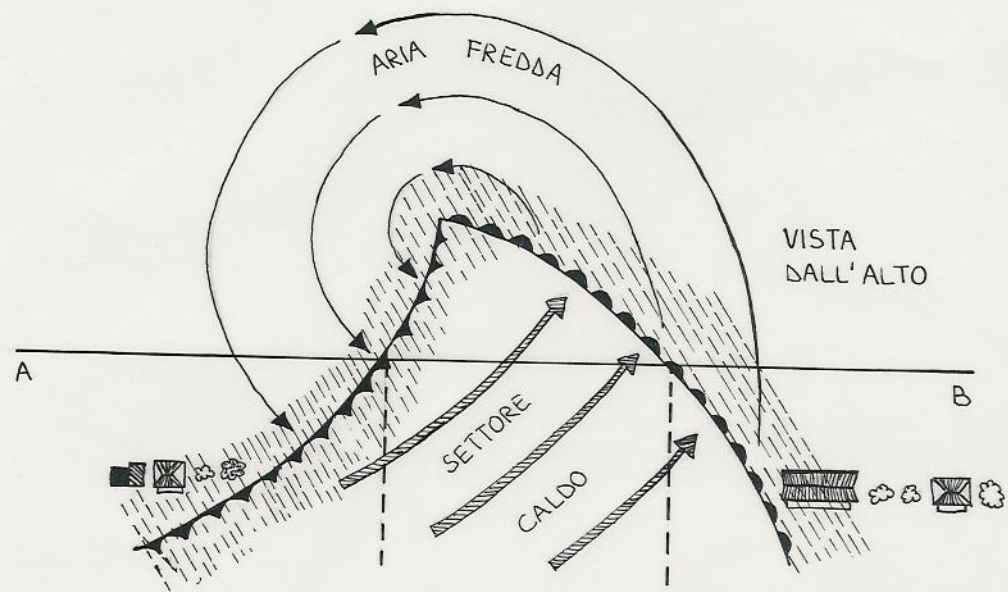
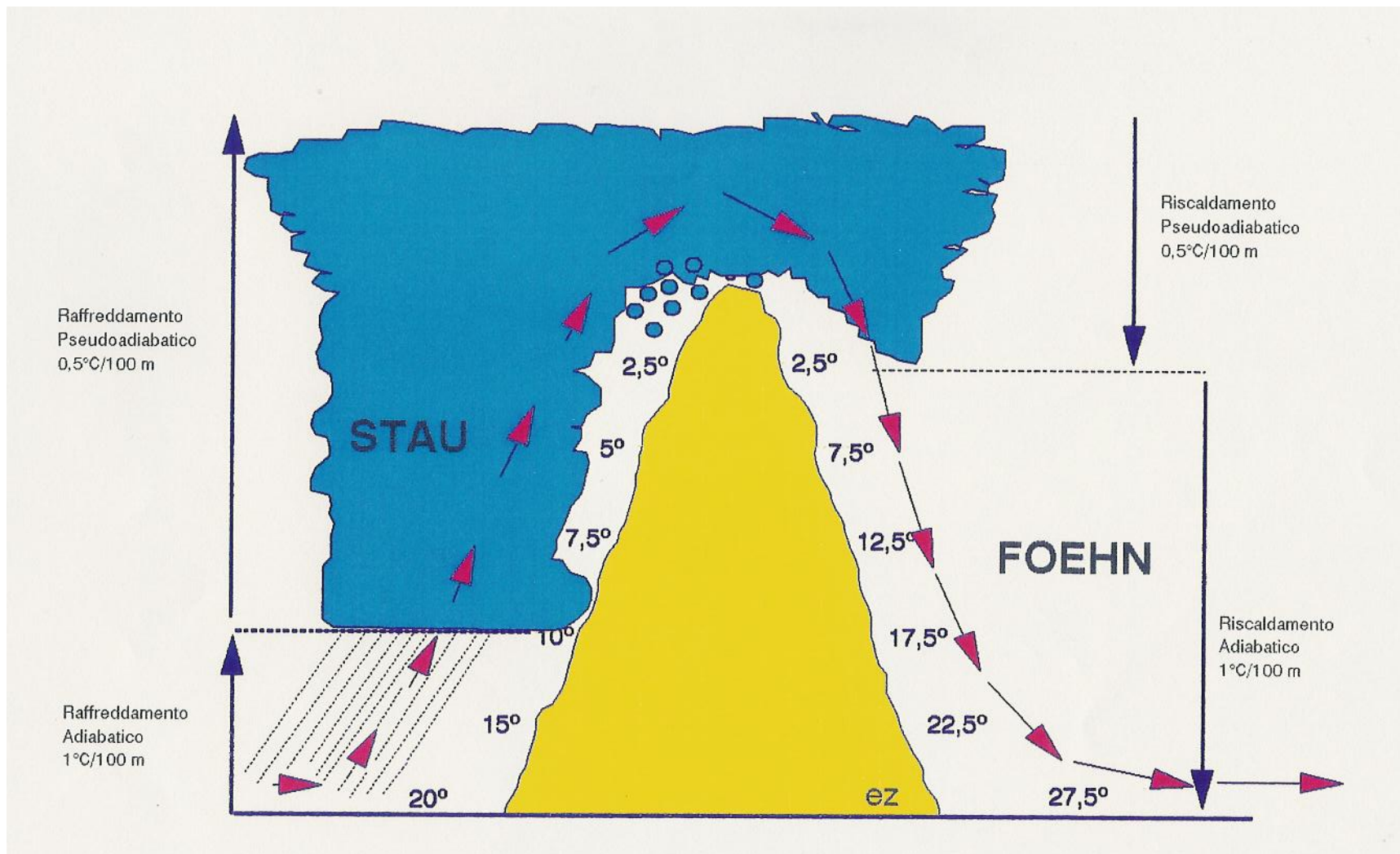


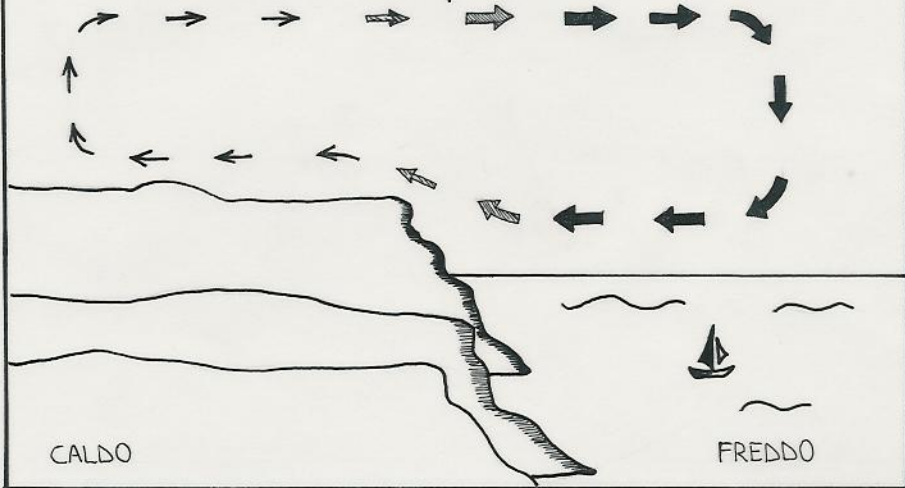
Fig. 39. - Origine e sviluppo di un sistema di perturbazioni.



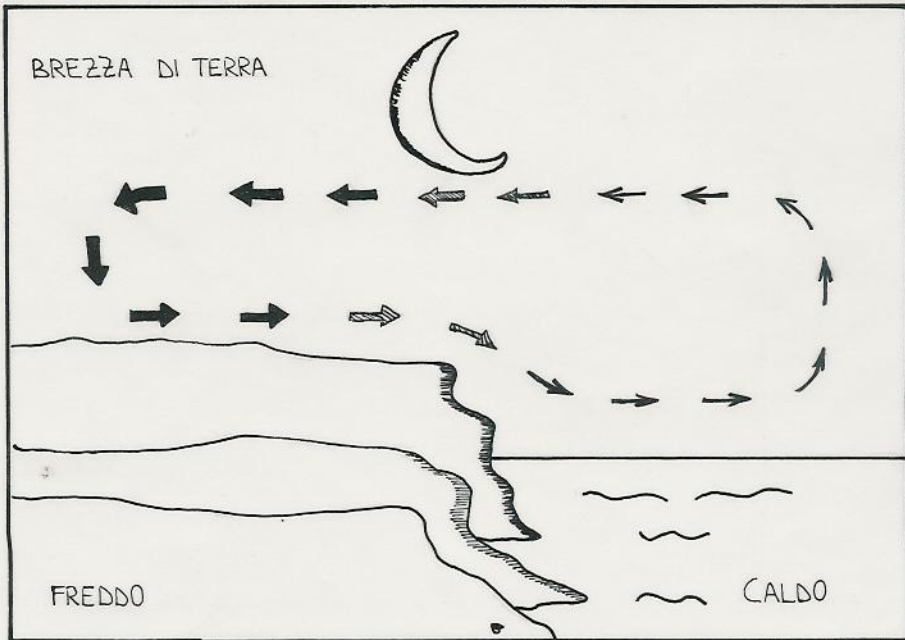


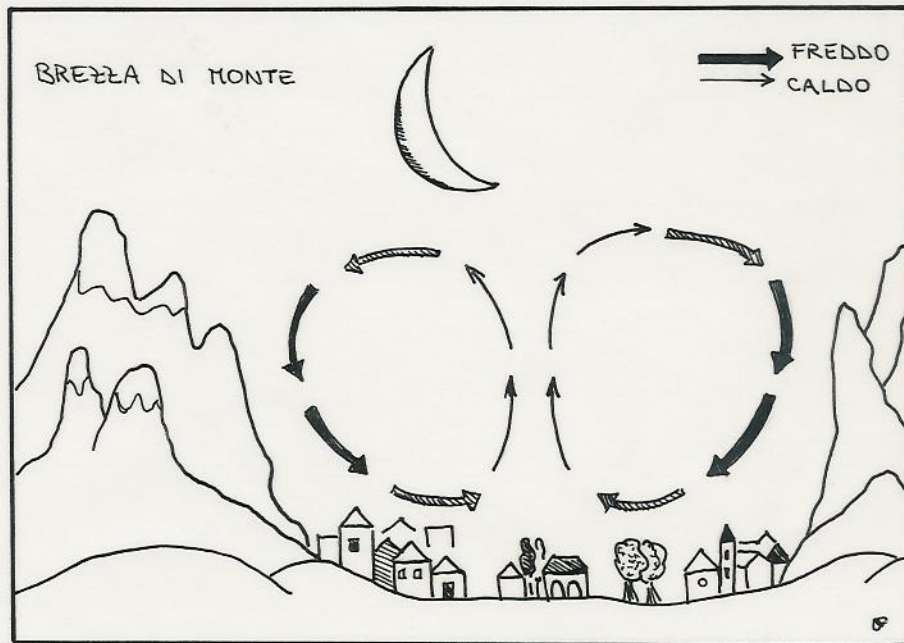
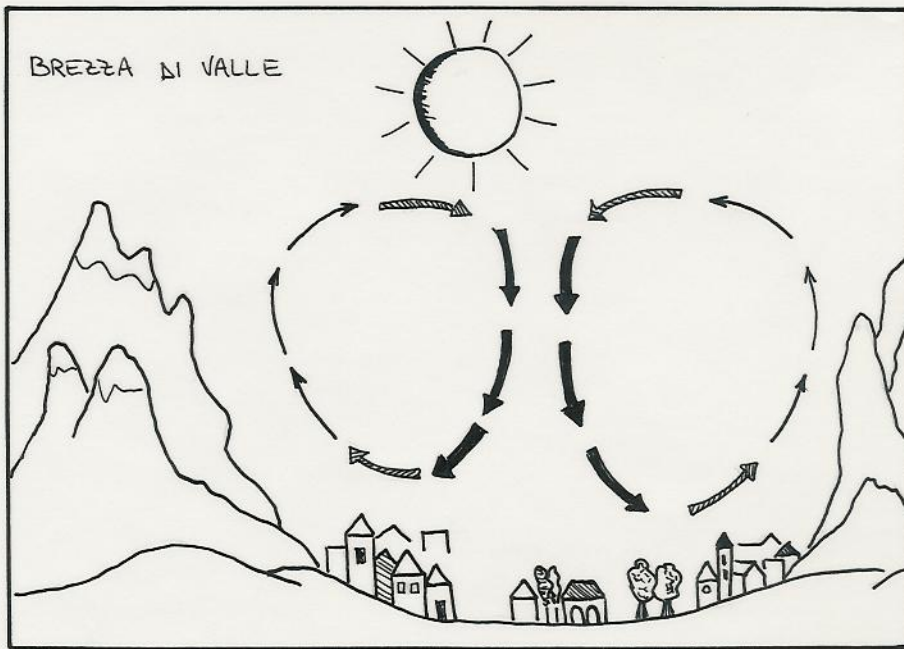


BREZZA DI MARE

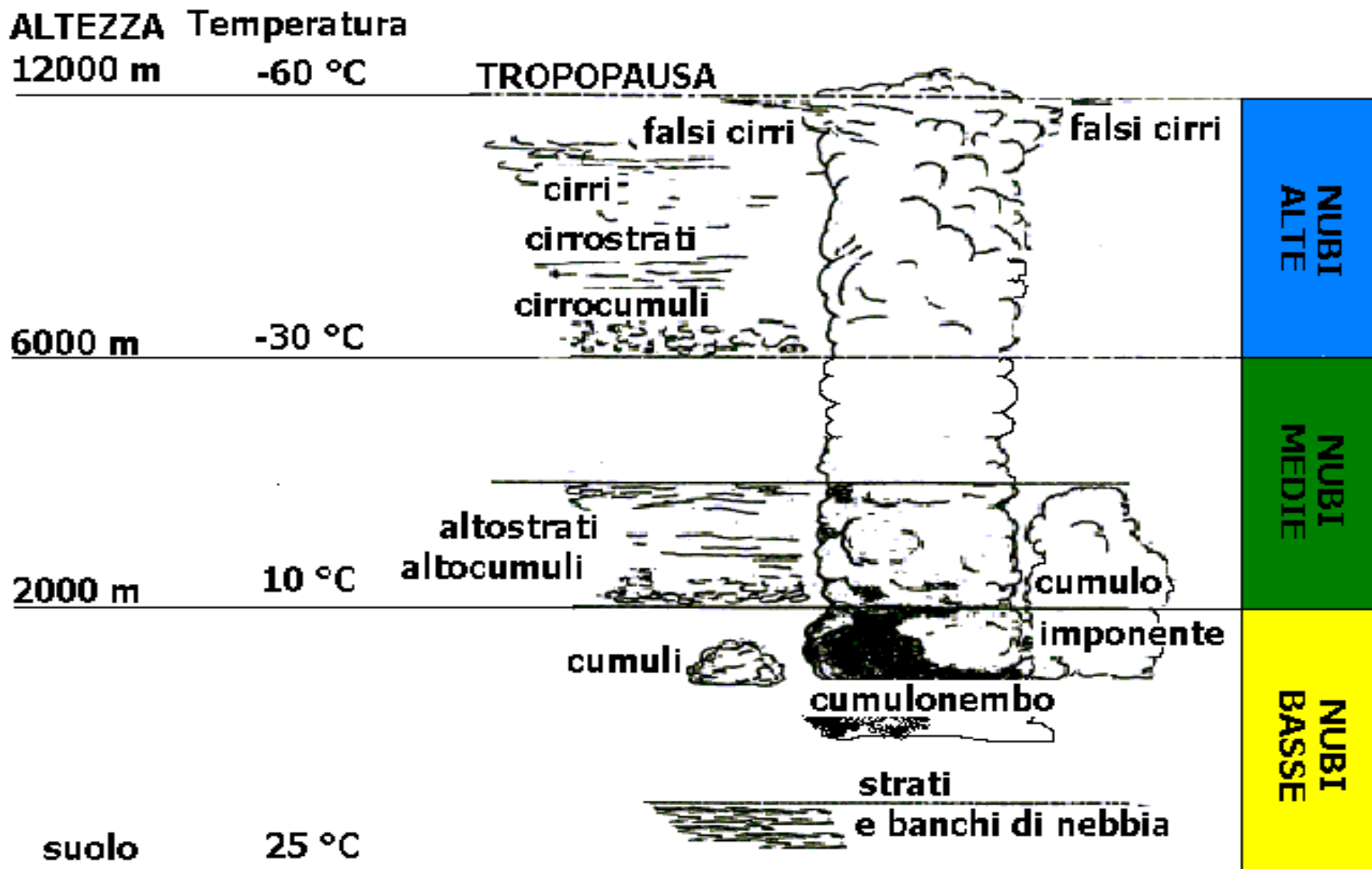


BREZZA DI TERRA





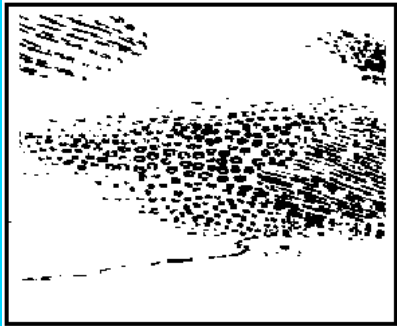
# La classificazione delle nubi in base all' altezza



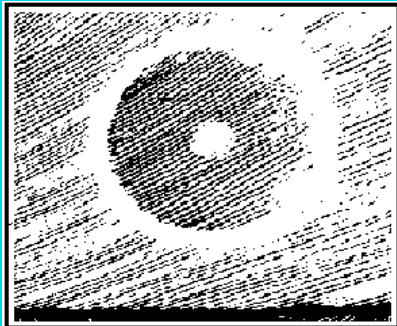
# la classificazione attuale - NUBI ALTE ( $C_H$ )



**1. CIRRUS (Ci):** nubi separate, in forma di filamenti bianchi e delicati o di banchi o di bande strette, bianche o in larga misura bianche. Tali nubi hanno aspetto fibroso o uno splendore setoso, o entrambi. Spesso da tali nubi si intravede la caduta di cristalli di ghiaccio, che non giungono al suolo (virga).



**2. CIRROCUMULUS (Cc):** Banco, distesa o esile coltre di nubi bianche, senza ombre proprie, composte da elementi molto piccoli in forma di granuli o increspature, saldati o no e disposti con regolarità più o meno elevata; la maggior parte degli elementi ha larghezza apparente inferiore a 1 grado (larghezza circa pari a quella del dito mignolo a braccio steso).

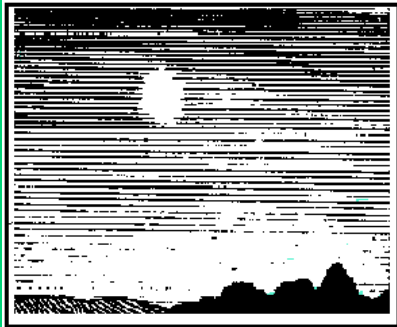


**3. CIRROSTRATUS (Cs):** velo nuvoloso biancastro, di aspetto fibroso o liscio, coprente interamente o parzialmente il cielo e che dà luogo a fenomeni di alone del Sole e della luna. Nel caso del Sole l'alone che lo circonda ha uno spessore superiore a 1 grado (determinabile con lo stesso metodo indicato nel caso dei cirrocumuli).

# la classificazione attuale - NUBI MEDIE ( $C_M$ )



**4. ALTOCUMULUS (Ac):** Banco, distesa o coltre di nubi bianche o grigie o bianco-grigie, aventi generalmente delle ombre proprie e composte di lamelle, rotoli, ciotoli, ecc., di aspetto parzialmente fibroso, saldate o no; la maggior parte degli elementi ha larghezza apparente comparsa fra 1 grado e 5 gradi (larghezza da 1 a 3 dita a braccio steso).



**5. ALTOSTRATUS (As):** coltre nuvolosa grigiastra o bluastra, di aspetto striato, fibroso o uniforme, che copre interamente o parzialmente il cielo e che presenta parti sufficientemente sottili da lasciar vedere il Sole almeno vagamente, come attraverso un vetro smerigliato. L'altostrato non presenta in genere fenomeni di alone.



**6. NIMBOSTRATUS (Ns):** coltre nuvolosa grigia, spesso cupa e minacciosa, il cui aspetto è reso uniforme dalla caduta di pioggia o neve che, nella maggior parte dei casi, raggiungono il suolo. Lo spessore di tale coltre è ovunque sufficiente a occultare del tutto il sole. Frequentemente, al di sotto della coltre, si individuano nubi basse frastagliate, saldate o meno con la coltre stessa.

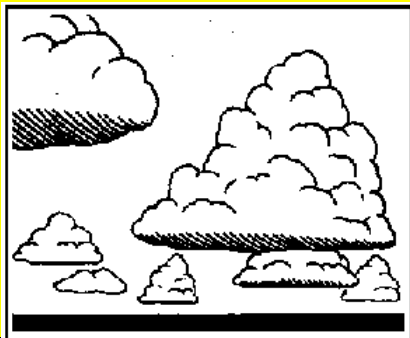
# la classificazione attuale - NUBI BASSE ( $C_L$ )



**7. STRATOCUMULUS (Sc):** Banco, distesa o coltre di nubi grigie o biancastre, o grigio- biancastre, aventi sempre alcune parti più oscure e composte di ciotoli, lastre, rulli, ecc., di aspetto non fibroso (salvo che in presenza di virga), saldate o meno. La maggior parte delle strutture elementari che le compongono hanno larghezza apparente superiore a cinque gradi (larghezza che supera quella di 3 dita a braccio steso).

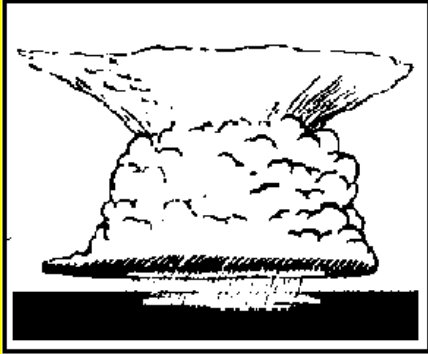


**8. STRATUS (St):** coltre nuvolosa generalmente grigia, a base assai uniforme, che può dar luogo a piovigine, prismi di ghiaccio o neve in grani. Allorché il Sole è visibile attraverso la coltre il suo contorno è nettamente definito. Lo strato non dà mai luogo a fenomeni di alone, se non in presenza di temperature molto rigide. A volte gli strati si presentano in forma di banchi frastagliati.



**9. CUMULUS (Cu):** nubi separate, generalmente dense e a contorno ben definito, si sviluppano verticalmente in forma di mammelloni, di cupole o torri la cui parte superiore può ricordare un cavolfiore. Le parti illuminate dal Sole sono spesso di un bianco abbagliante; la base è sensibilmente orizzontale.

# la classificazione attuale - NUBI BASSE ( $C_L$ )



**10. CUMULONIMBUS (Cb):** nube densa e potente, con estensione verticale rilevante, spesso in forma di torri. Una parte almeno della sua regione superiore appare liscia, fibrosa o striata e quasi sempre appiattita (incudine)..



**Cirrus fibratus e uncinus**  
(foto Int. Cloud Atlas - WMO)



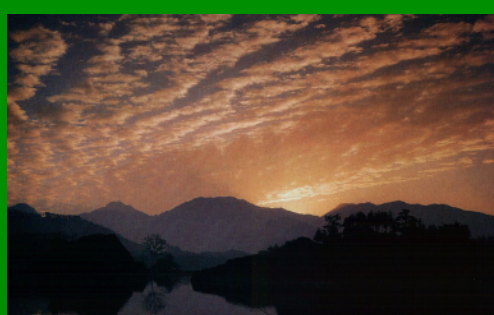
**Cirrocumuli e cumuli mediocri**



**Cirrostrati**



**Alto cumuli lenticolari**  
(foto Kappenberger)



**Alto cumuli stratiformi**



**alto cumuli**  
(foto progetto Valchiavenna)



**Muro di foehn**  
(foto progetto MAP)



**Cumuli in sviluppo verticale**



**Cumulonembo**  
(foto Colombo)



# Nubi e precipitazioni

	As	Ns	Sc	St	Cu	Cb
PiovigGINE				♣		
Pioggia	♣	♣	♣		♣	♣
Neve	♣	♣	♣			♣
Nevischio				♣		
Grandine					♣	♣

# Le precipitazioni

TIPO	CARATTERISTICHE	QUANTITA'
PiovigGINE	Gocce d'acqua con $\varnothing \leq 0.5 \text{ mm}$	$0.2-0.5 \text{ mm h}^{-1}$
Pioggia	Gocce d'acqua con $\varnothing \geq 0.5 \text{ mm}$	Leggera $\leq 2 \text{ mm h}^{-1}$ Forte $\geq 6 \text{ mm h}^{-1}$
Nevischio	Granuli opachi o con $\varnothing \leq 1 \text{ mm}$	
Neve	Cristalli di ghiaccio di varia struttura	
Grandine	Chicchi di ghiaccio con $\varnothing \geq 5 \text{ mm}$	
Gragnuola	Chicchi di ghiaccio con $\varnothing \leq 5 \text{ mm}$	
Nebbia	Sospensione di gocce d'acqua nei bassi strati dell'atmosfera	Visibilità ridotta a meno di 1 km
Foschia	Come nebbia, ma.....	Visibilità $\geq 1 \text{ km}$
Rugiada	Gocce d'acqua che si depositano sulla superficie del suolo e della vegetazione	$0.1-1 \text{ mm notte}^{-1}$
Brina	Cristalli di ghiaccio che si formano nello stesso modo della rugiada, ma con $T \leq 0^\circ\text{C}$	
Galaverna	Deposito di ghiaccio prodotto da nebbia in contatto con oggetti solidi a $T \leq 0^\circ\text{C}$	

# Misura della pioggia

## Singolo evento

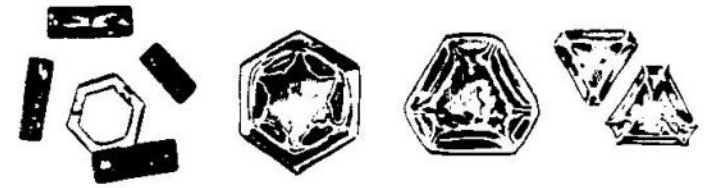
- Altezza (mm)
- Intensità (mm/h)
  - PiovigGINE ( $< 1$ )
  - Pioggia debole (1–2 )
  - Pioggia moderata (2–6)
  - Pioggia forte ( $> 6$ )
  - Rovescio ( $> 10$ , ma limitato nella durata)
  - Nubifragio ( $> 30$  mm/h)

## Regime pluviometrico

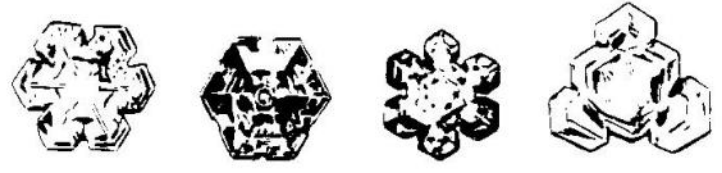
descrive la distribuzione e l'ammontare delle piogge. In Italia, 5 regimi:

- 1. continentale: max in estate;
- 2. prealpino: min invernale attenuato ed altro min estivo più accentuato, max in primavera e autunno;
- 3. appenninico: min principale estivo, secondario a fine inverno; max assoluto autunnale e attenuato a primavera;
- 4. sub-litoraneo: simile al 3, ma con max primaverile e min di fine inverno più accentuati;
- 5. mediterraneo: max invernale e min estivo.

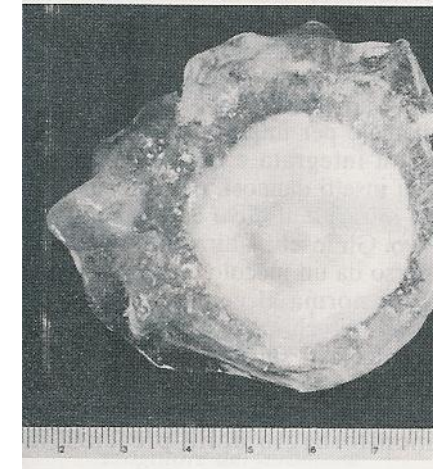
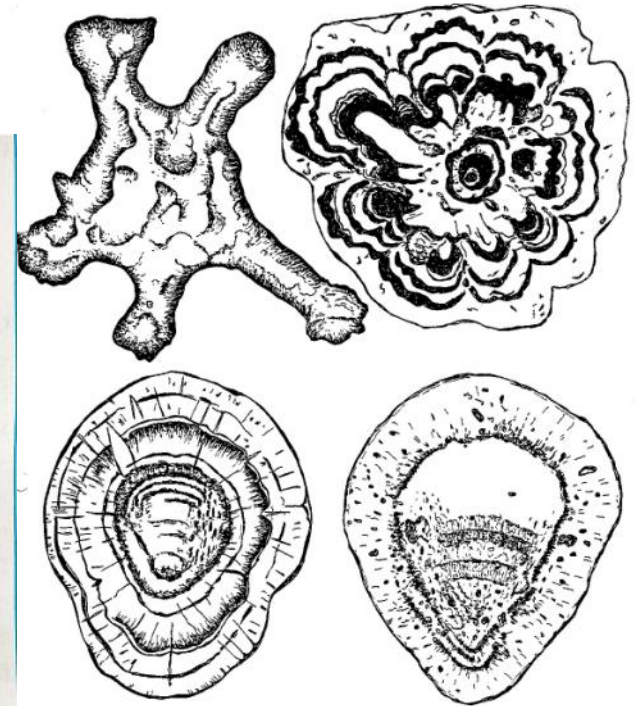
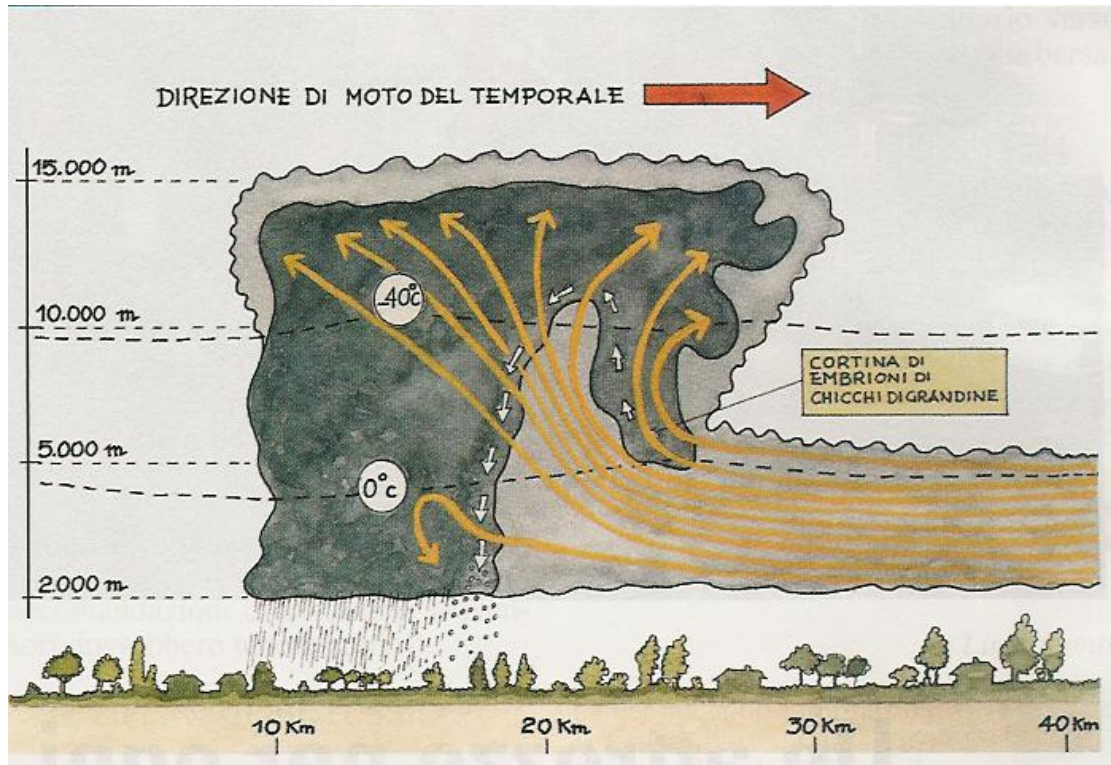
Val padana: minimo assoluto in inverno a N del Po (regime prealpino), e estivo a S (effetti regime appenninico); massimi nelle stagioni di transizione.



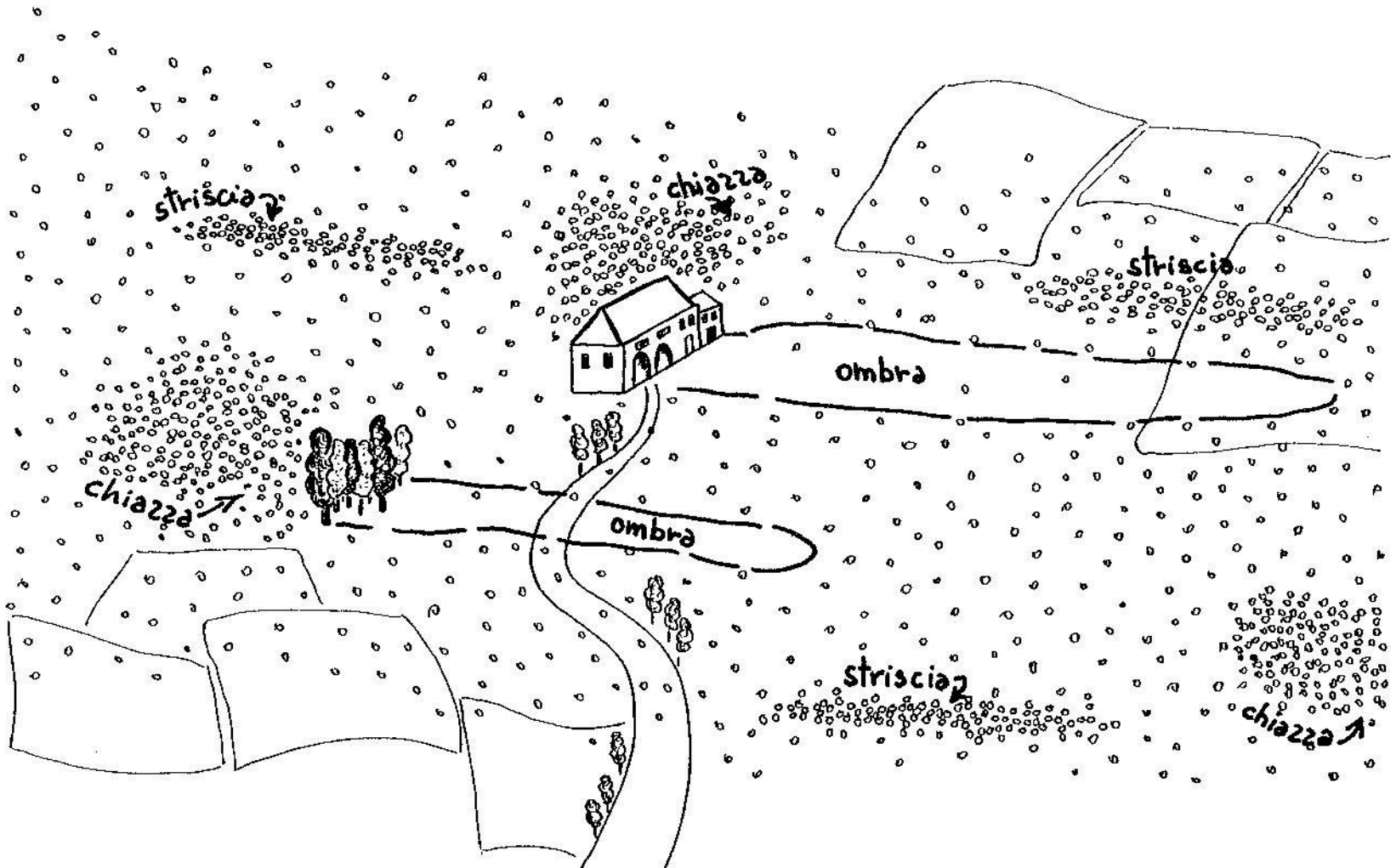
neve



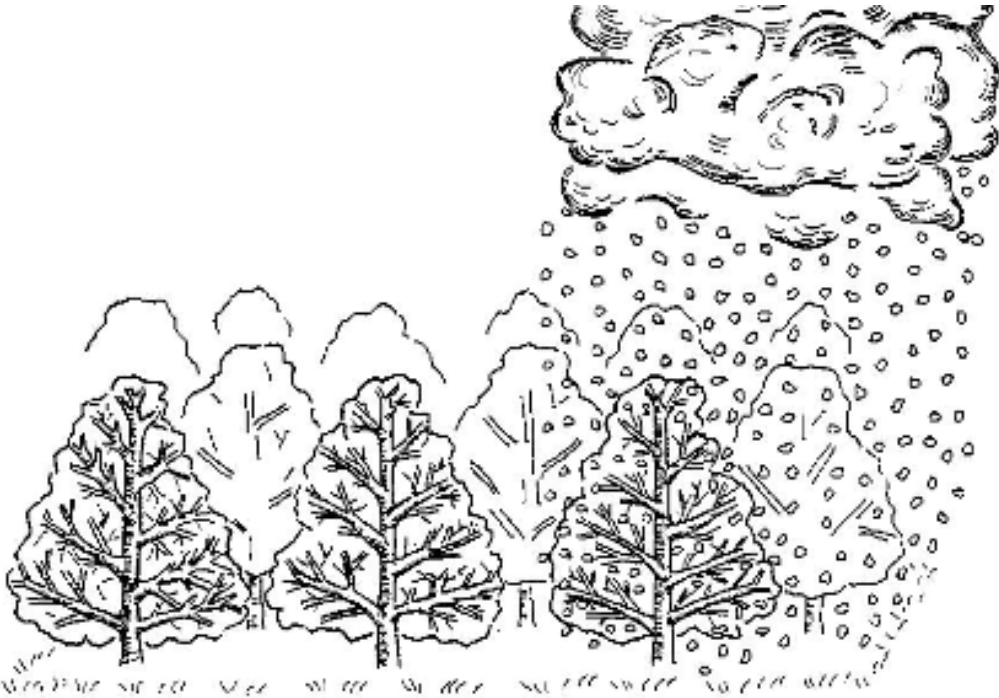
# grandine



# precipitazione grandinigena



# Grandine e vento



# Grandine e vento





# vento

## Movimento di una massa d'aria da una zona di alta pressione a una di bassa pressione

Del vento si misurano di solito due aspetti, che possono entrambi variare molto repentinamente nel tempo e nello spazio: la direzione di provenienza e la velocità.

La **direzione** di provenienza si esprime in gradi, calcolati in senso orario a partire da nord: per esempio, a  $90^\circ$  corrisponde un vento da est, a  $135^\circ$  un vento da sud-ovest e così via. La direzione del vento condiziona le decisioni riguardanti le difese adottate nei confronti dei venti dominanti (uso dei frangivento, disposizione delle file, pratiche colturali, ecc.).

La **velocità** si misura, secondo le norme internazionali, in metri al secondo; la velocità massima viene utilizzata di solito per scopi ingegneristici, mentre ai fini del calcolo dell'evapotraspirazione si utilizza la velocità media.

Un particolare tipo di misura, il **vento sfilato**, indica la distanza percorsa dal vento in un intervallo di tempo sufficientemente lungo (giorno, decade, ...); si esprime in chilometri ed è di interesse per l'agricoltura, poiché dà indicazioni sulla ventosità di una zona.

# Venti regionali

**Bora**, proveniente da E-NE, vento tipico delle regioni carsiche. Può essere freddo e asciutto o apportare nuvolosità e precipitazioni a seconda della disposizione dei centri barici sull'Europa centro-orientale e sull'Italia;

**Grecale**, soffia da NE sul versante ionico e sulle coste orientali della Sicilia. Più frequente durante l'inverno, può essere molto violento e persistere per più giorni;

**Foehn**, vento molto asciutto e relativamente caldo, proviene da N, scavalca le Alpi e interessa la Pianura Padana.

**Maestrale**, originario da NW, investe le coste tirreniche, la Sardegna e la Sicilia. Può originarsi in tutte le stagioni, ma è più frequente in inverno e primavera;

**Tramontana**, tipico delle regioni tirreniche centrali, è spesso il prolungamento dei venti settentrionali appena visti. A volte trae le origini da fattori orografici nel cuore della penisola;

**Scirocco**, che partendo caldo e asciutto dall'Africa Settentrionale, si carica di umidità attraversando il Mediterraneo e giunge sulle regioni dell'Italia Meridionale come vento apportatore di nuvolosità e di pioggia. Lo scirocco è più frequente in primavera ed in autunno, anche se può soffiare durante tutto l'arco dell'anno;

**Libeccio**, proveniente da SW, interessa le regioni costiere occidentali, giungendo fino al Golfo di Genova. Può avere genesi improvvisa e violenta.

# Vento: scala di Beaufort

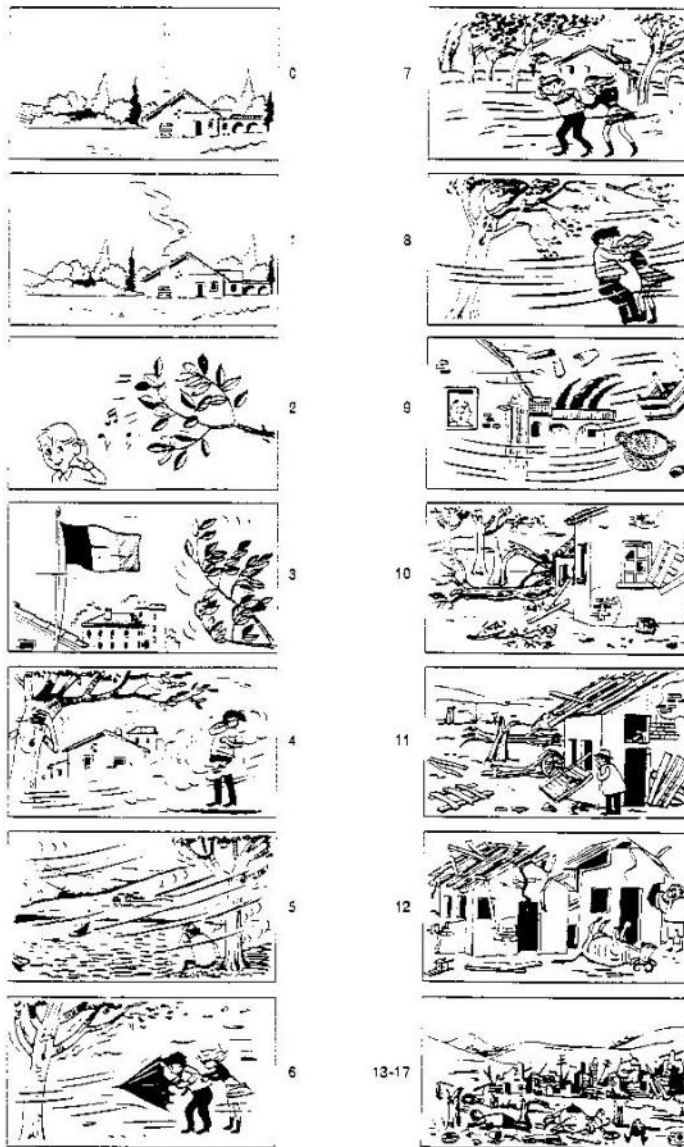


Fig. 23. - Rappresentazione figurata dei vari gradi della Scala di Beaufort (v. pag. 131). 0 - calma; 1 - bava di vento; 2 - brezza leggera; 3 - brezza tesa; 4 - vento moderato; 5 - vento teso; 6 - vento fresco; 7 - vento forte; 8 - burrasca moderata; 9 - burrasca forte; 10 - burrasca fortissima; 11 - fortunale da 12 a 17 - uragano.

°B	velocità vento (m/s)	Nome del vento
0	0-0.5	calma
1	0.5-1.7	bava
2	1.7-3.3	brezza leggera
3	3.3-5.3	brezza tesa
4	5.3-8.5	vento moderato
5	8.5-11.0	vento teso
6	11.0-14.2	vento fresco
7	14.2-17.2	vento forte
8	17.2-20.8	burrasca moderata
9	20.8-24.4	burrasca forte
10	24.4-28.5	burrasca fortissima
11	28.5-32.6	fortunale
12	32.6-37.0	uragano, tornado

allettamento





allettamento



allettamento

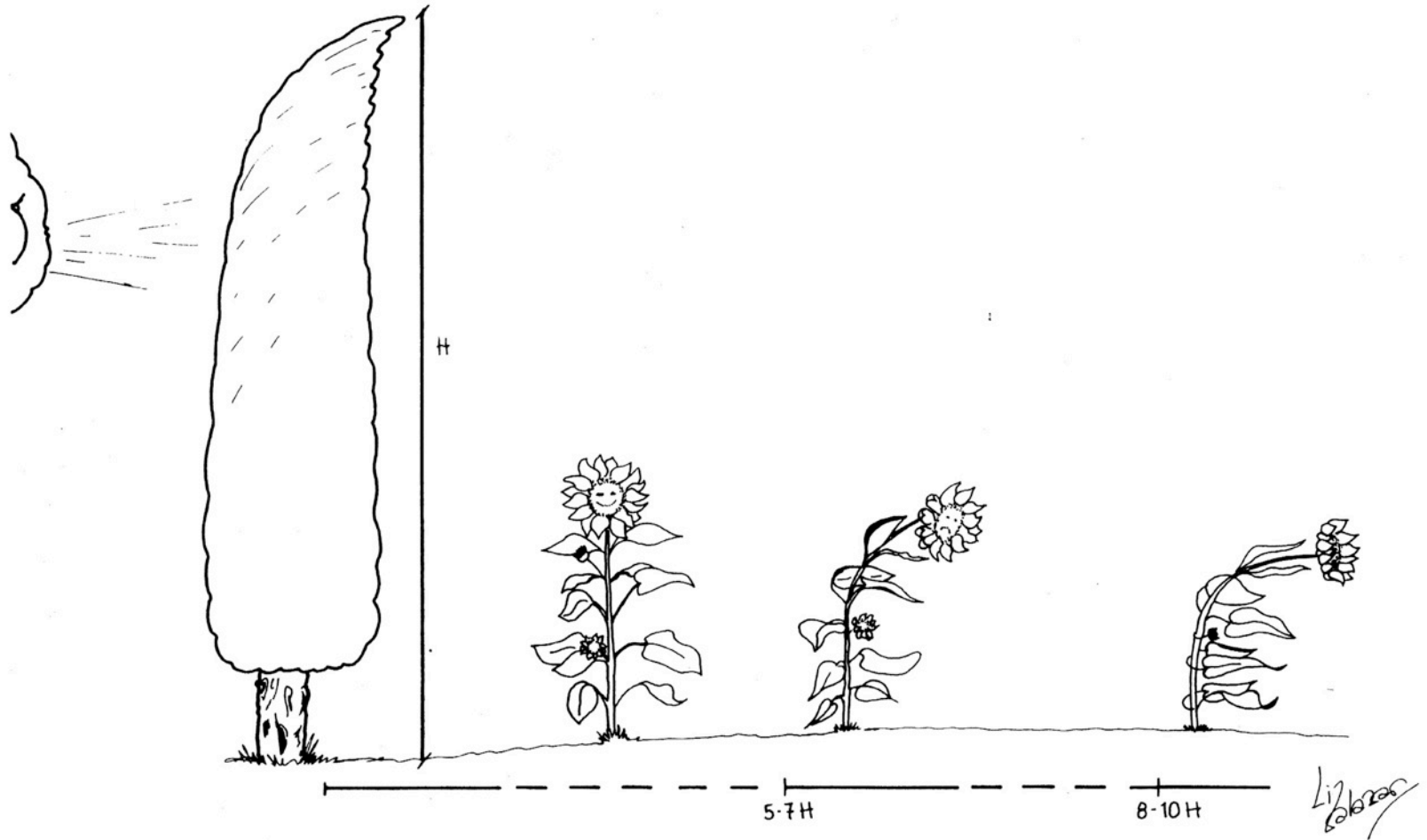








# frangivento



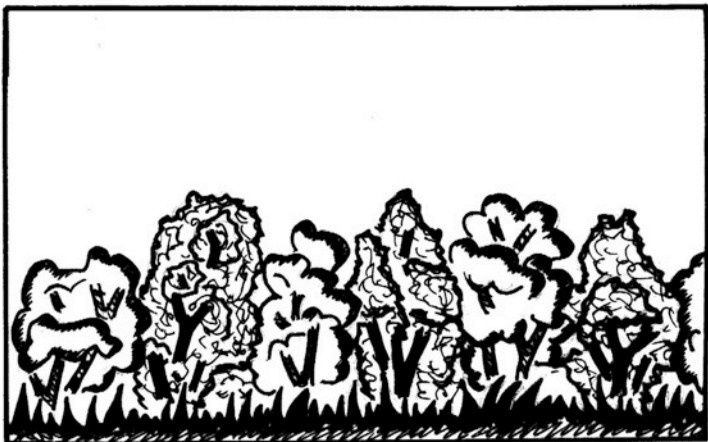
GRANDE FRANGIVENTO



PICCOLO FRANGIVENTO



SIEPE DI SOLI ARBUSTI



SIEPE A CAPITOZZA



## Alberi e arbusti della pianura veneta

Forma più diffusa	Specie
Alberi di prima grandezza (> 20 m)	acero riccio (25), bagolaro (25), carpino bianco (25), carpino nero (20), ciavardello (20), ciliegio selvatico (20-25), farnia (30-35), frassino maggiore (20-30), frassino ossifillo (25), leccio (25), noce comune (30), noce nero (30), olmo campestre (30-40), pioppo bianco (30), pioppo gatterino (25), pioppo nero (30), platano (30-40), robinia (25), rovere (25-30), roverella (20), salice bianco (25), tiglio nostrale (40), tiglio selvatico (20-30)
Alberi di seconda grandezza (5-20 m)	acero campestre (12-15), albero di giuda (10), alloro (10-15), ciliegio canino (12), corniolo (8), gelso (10-15), maggiociondolo (10), moro (20), melo selvatico (6-8), nocciolo (6), olivo di Boemia (8), orniello (10-12), perastro (15), salicone (15), sorbo domestico (20), tamerice (6),
Arbusti - piccoli alberi (4-15 m)	alloro (10-15), ciliegio canino (12), corniolo (8), frangola (4), maggiociondolo (10), nocciolo (6), olivo di Boemia (8), salicone (15), tamerice (6),
Arbusti	biancospino (5-7), crespino (2.5), erba cornetta (2), fusaggine (5), ginepro (1-5), ginestra (2), lantana (4), ligustrello (3), olivello spinoso (3), pallon di maggio (3), pero corvino (2), prugnolo (3), rosa di macchia (2), salice cinereo (6), sambuco nero (8), sanguinella (4), spino cervino (1-5)

# Funzioni delle siepi

## • Economiche

- contributi
- legna
- raccolta p
- oneri man  
rive

## • Sociali

- ricrea:
- paesag
- retagg
- labora:

## • Ambientali

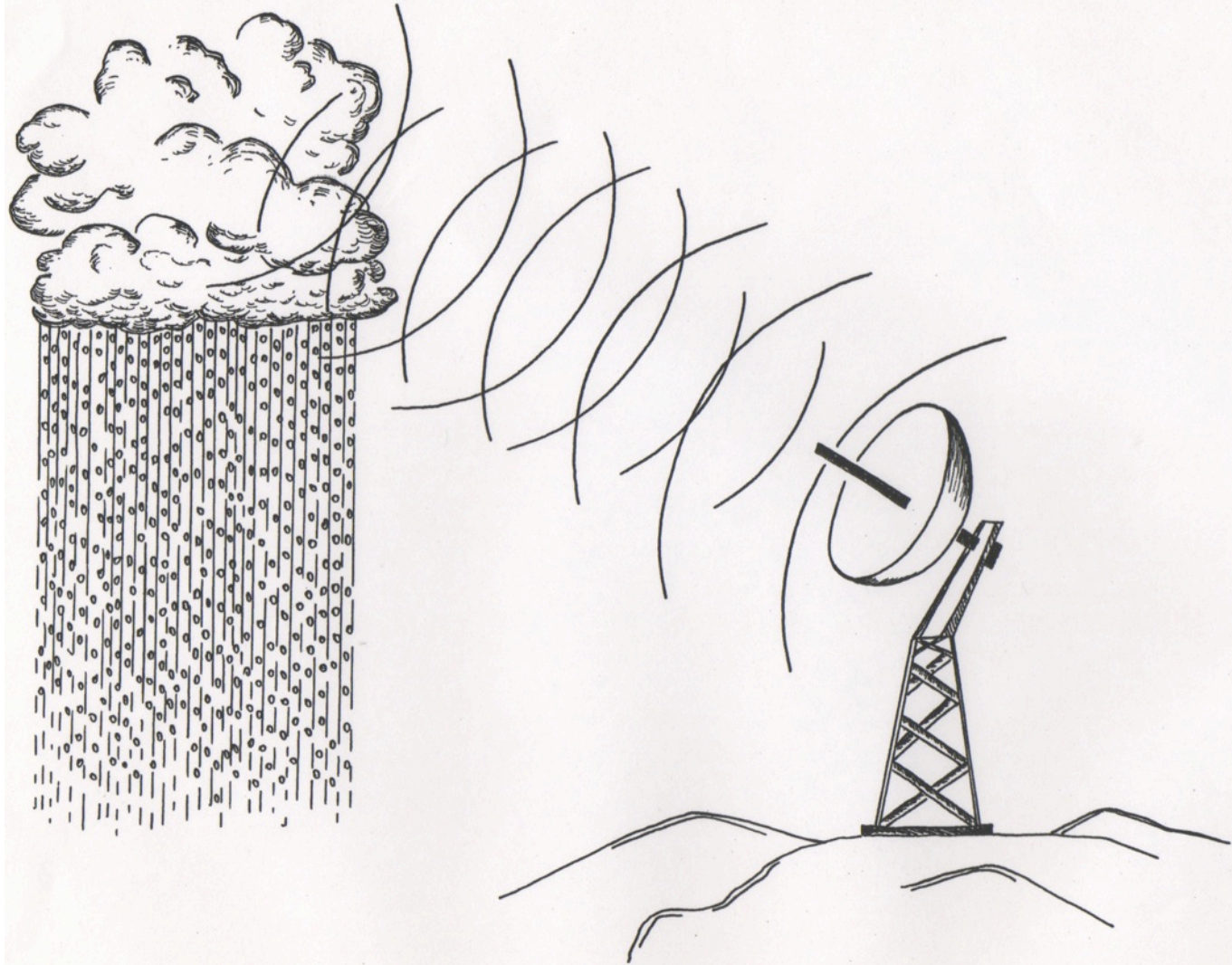
- climatizzazione
- barriere
- biodiversità
- immobilizzazione  $CO_2$
- protezione corpi  
idrici
  - depurazione acqua
  - stabilizzazione

Frangivento morto

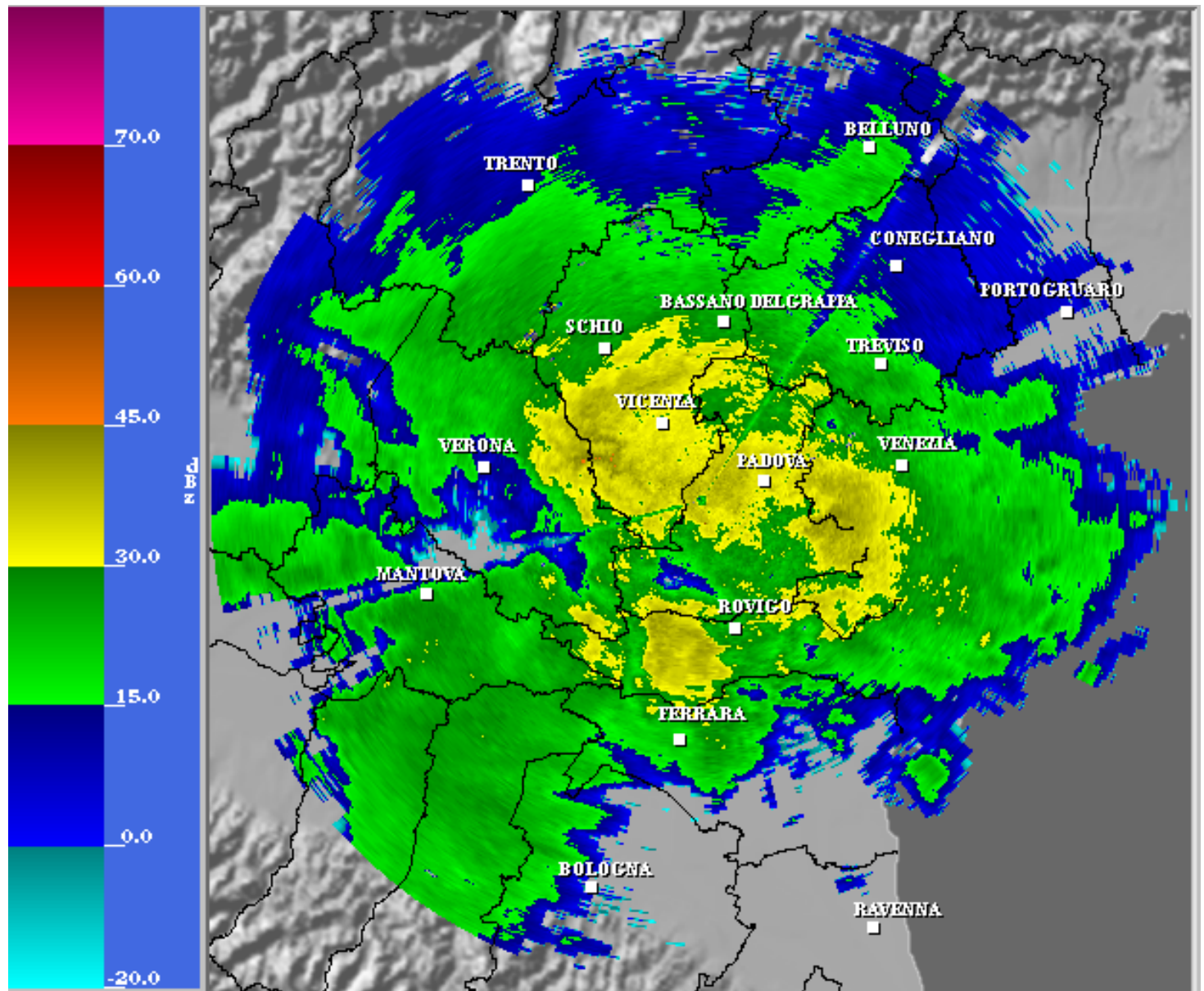


# Previsioni del tempo

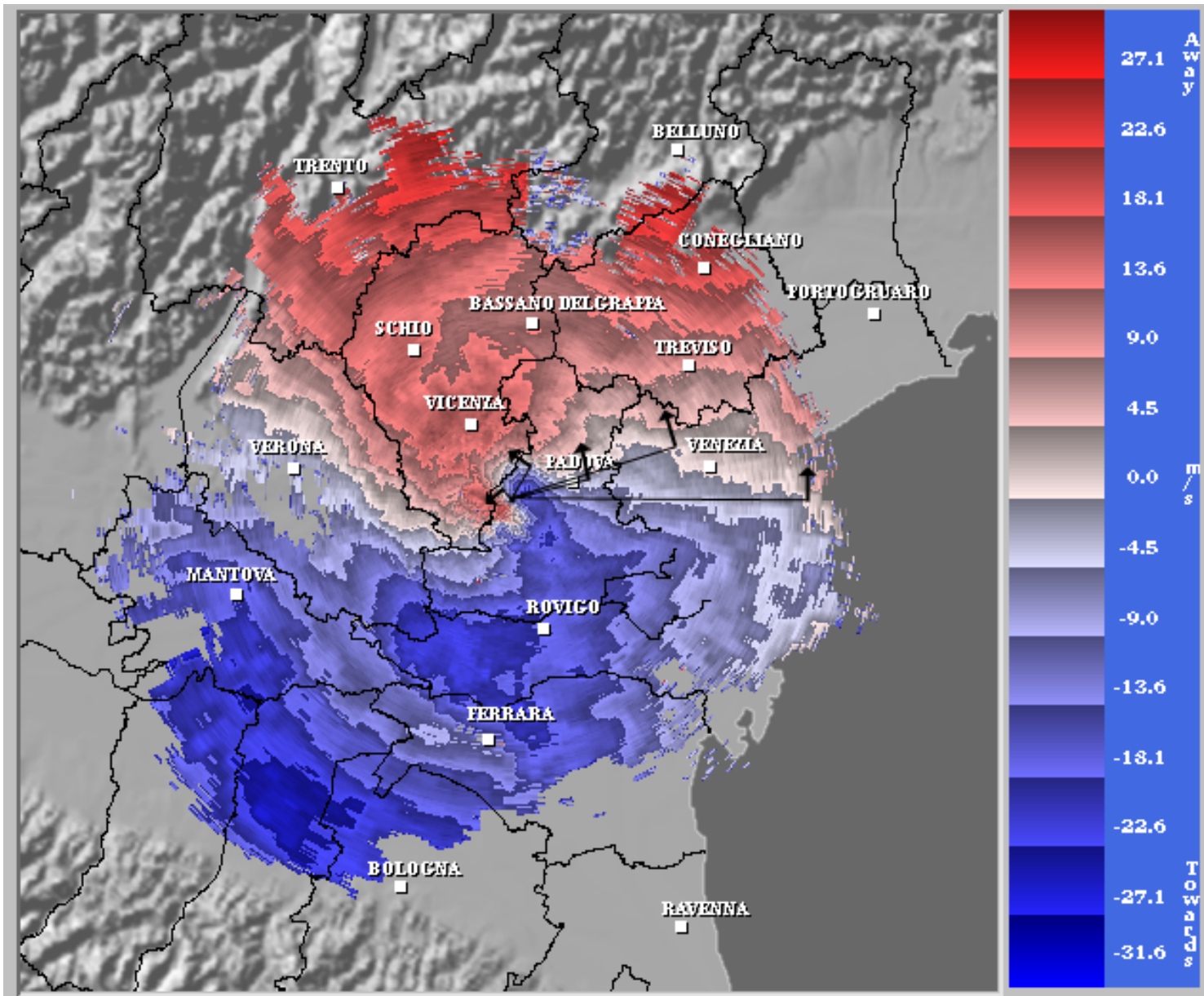
<b>Tipo</b>	<b>Validità temporale</b>	<b>Parametri previsti</b>	<b>Carattere</b>	<b>Tecnologie</b>
<b>Nowcasting</b>	<b>12-24 ore</b>	<b>Precipitazioni Vento</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Radar</b>
<b>Forecasting</b>	<b>1-3 giorni</b>	<b>Pressione Temperatura Vento Umidità Precipitazioni Visibilità</b>	<b>Quantitativo Quantitativo Quantitativo Quantitativo Qualitativo Qualitativo</b>	<b>Satellite Rete mondiale Palloni</b>
<b>Stagionali</b>	<b>1-3 mesi</b>	<b>Temperatura Pioggia</b>	<b>Quantitativo Quantitativo</b>	<b>Satellite Stazioni oceaniche</b>
<b>Mirate</b>	<b>ore</b>	<b>Es. gelate</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Psicrometri, modelli</b>



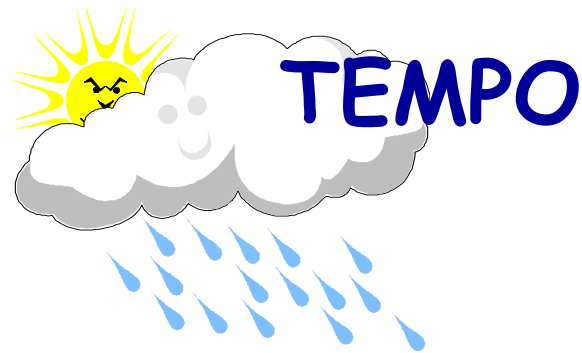




PPI Z 2.5°



PPI W 2.5°



evoluzione della situazione meteorologica

singola località

territorio più vasto

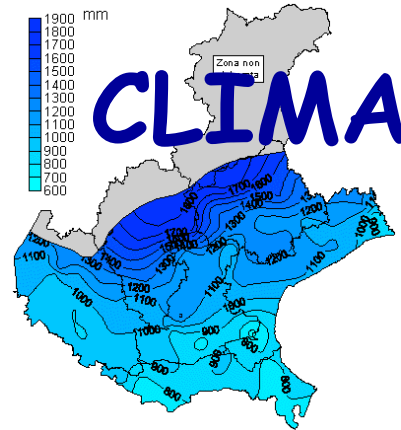
valori delle variabili  
meteo ad ore prefissate

distribuzione orizzontale e verticale  
dei campi di temperatura, umidità,  
precipitazione

stazione e sonde

satellite, radar, rete, palloni

**REALTA' FISICA DIRETTAMENTE  
OSSERVABILE E MISURABILE**



*Definizione tradizionale:* insieme dei fenomeni meteorici che caratterizzano lo stato medio dell' atmosfera

*Definizione moderna:* sintesi delle distribuzioni di probabilità di tutti gli elementi del tempo, ovvero  
Il clima è costituito dalla totalità delle osservazioni meteorologiche eseguite per un trentennio (WMO)

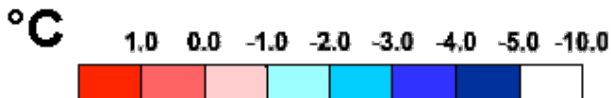
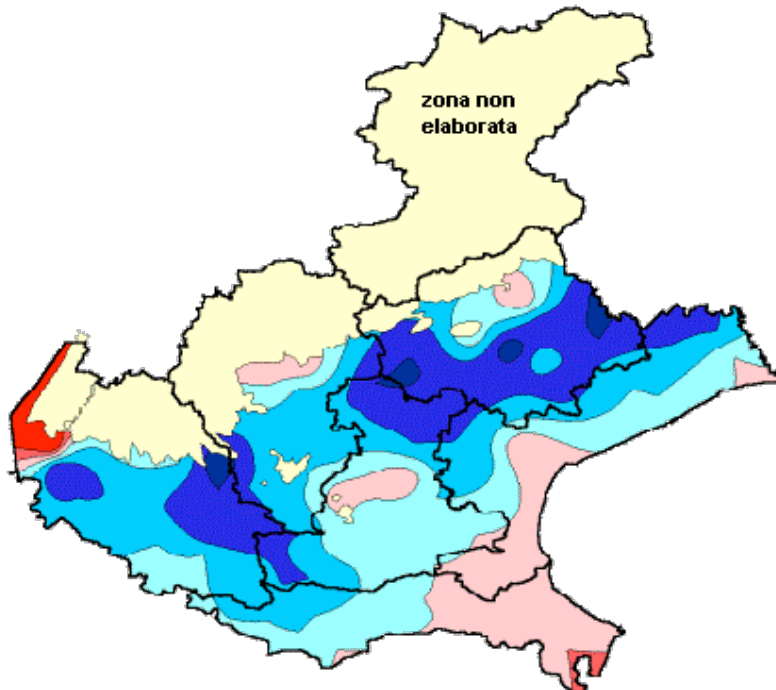
**REALTA' STATISTICA IN CONTINUO DIVENIRE**

Definita nello spazio

Indeterminata nel tempo

# clima e tempo

**Clima:** probabilità di gelata tardiva primaverile



**Tempo:** evento di gelata



# Scale climatiche

CLIMA	DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE (m)	DISTRIBUZIONE VERTICALE (m)	ESEMPI	SCALA TEMPORALE METEO (s)
Microclima	$10^{-2} \div 10^2$	$10^{-2} \div 10^1$	serra	$10^{-1} \div 10^1$
Clima locale	$10^2 \div 10^4$	$10^{-1} \div 10^3$	zona di inversione termica	$10^1 \div 10^4$
Mesoclima	$10^3 \div 2 \cdot 10^5$	$10^0 \div 6 \cdot 10^3$	bacino	$10^4 \div 10^5$
Macroclima	$2 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^7$	$10^0 \div 10^5$	regione	$10^5 \div 10^6$