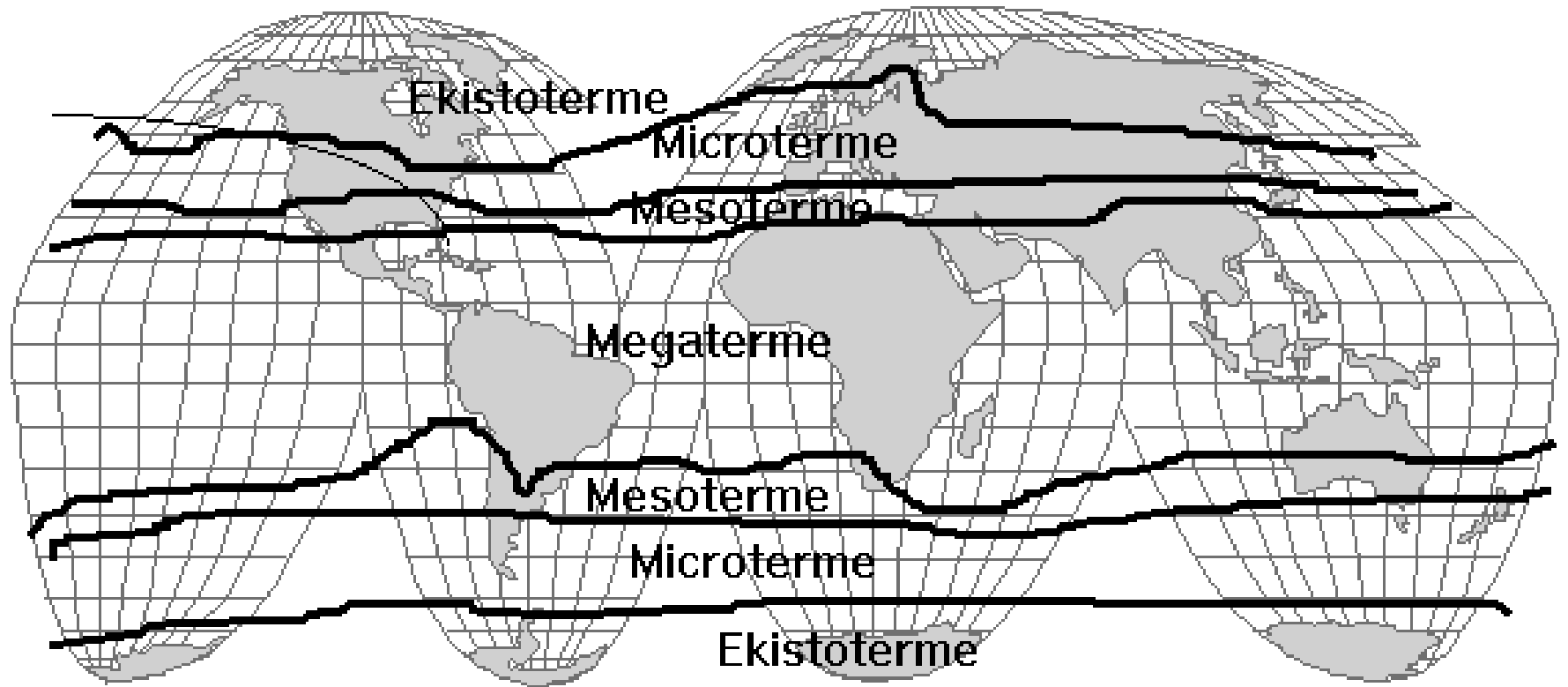


CLIMA

I Naturalisti di due secoli fa, nell'osservare la varietà e la distribuzione dei vegetali esistenti si posero le seguenti domande:

- Perché la vegetazione nelle diverse parti del mondo appare così drasticamente differente?
- Perché vaste distese del pianeta hanno vegetazioni relativamente uniformi ?
- Perché queste formazioni tendono a rispettarci reciprocamente con zone di transizione piuttosto nette ?

De Candolle nel 1855 dette una risposta ecologica a questi quesiti, individuando nel regime termico durante la successione delle stagioni il fattore che influenzava il passaggio da una formazione all'altra.



TEMPO: condizioni dell'atmosfera in un preciso momento

CLIMA: condizioni medie dell'atmosfera riferite a un luogo e a un arco di tempo relativamente lungo (decenni)



- 1) **RADIAZIONE SOLARE;**
- 2) **FORMA E STRUTTURA DELLA SUPERFICIE TERRESTRE:** superfici continentali o oceaniche (effetto continentale ed effetto oceanico), tipo litologico, esposizione, inclinazione;
- 3) **MOTI DEL PIANETA:** rotazione e rivoluzione.

FATTORI CLIMATICI

IRRADIANZA: quantità di energia raggiante proveniente dal sole ricevuta dall'unità di superficie orizzontale nell'unità di tempo;

TEMPERATURA: agisce su tutti i processi biologici accelerandoli. Hanno molta importanza i valori minimi e massimi assoluti, che spesso stabiliscono i limiti di tolleranza degli esseri viventi;

PRECIPITAZIONI: quantità di acqua meteorica che giunge sulla superficie terrestre sotto forma di pioggia o rugiada. Importante è la quantità e la distribuzione durante l'anno.

UMIDITA' ATMOSFERICA (u. assoluta e relativa);

VENTO (azione sull'umidità atmosferica);

PRESSIONE ATMOSFERICA (che cala con la quota);

MACROCLIMA, MESOCLIMA E MICROCLIMA

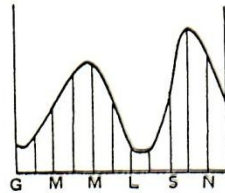
MACROCLIMA: è rappresentativo per un determinato territorio ampio (es. clima Mediterraneo); non sempre offre dati significativi a livello di singolo ecosistema;

MICROCLIMA: clima di un determinato sito, es. di una piazza di una città, di una radura in un bosco, ecc.;

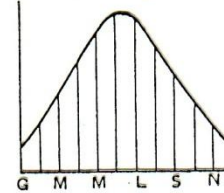
MESOCLIMA: clima di un territorio di una certa vastità, ad esempio il clima dell'Etna, delle Madonie, della Piana di Catania, etc..

I PRINCIPALI REGIMI PLUVIOMETRICI ITALIANI

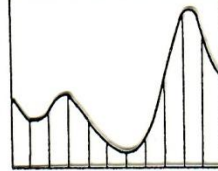
EQUINOZIALE
I. SETTENTRIONALE



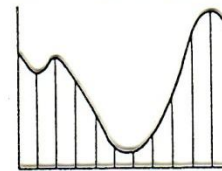
SOLSTIZIALE ESTIVO
ALPI INTERNE



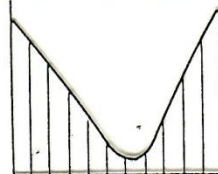
SUBEQUINOZIALE
VERSANTE ADRIATICO



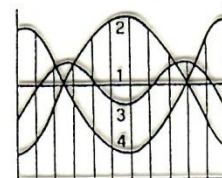
SUBEQUINOZIALE
VERSANTE TIRRENICO



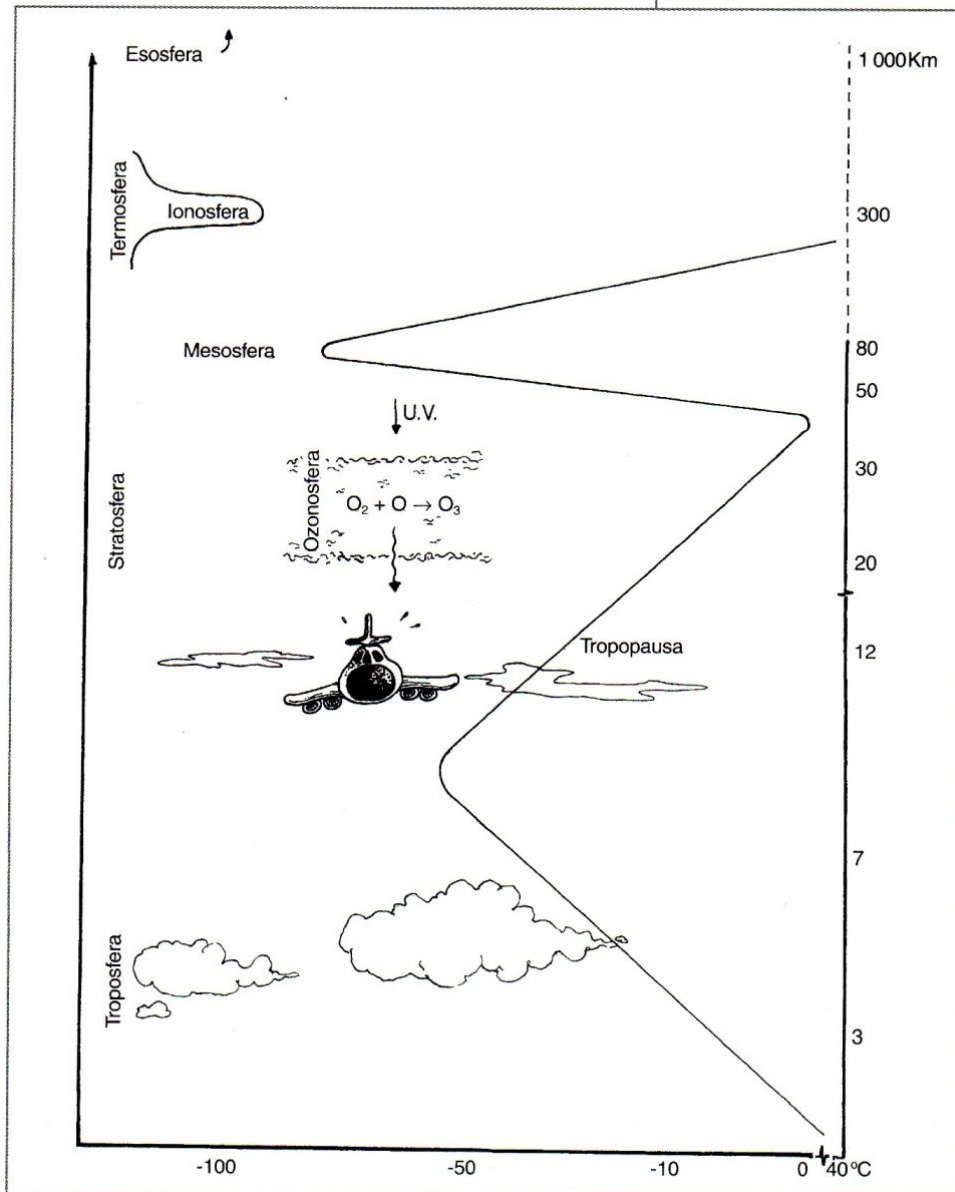
SOLSTIZIALE
INVERNALE
(MEDITERRANEO)



- 1 oceanico
- 2 continentale (solst. est.)
- 3 equinoziale
- 4 mediterraneo (solst. inv.)



Caratteristiche dell'atmosfera

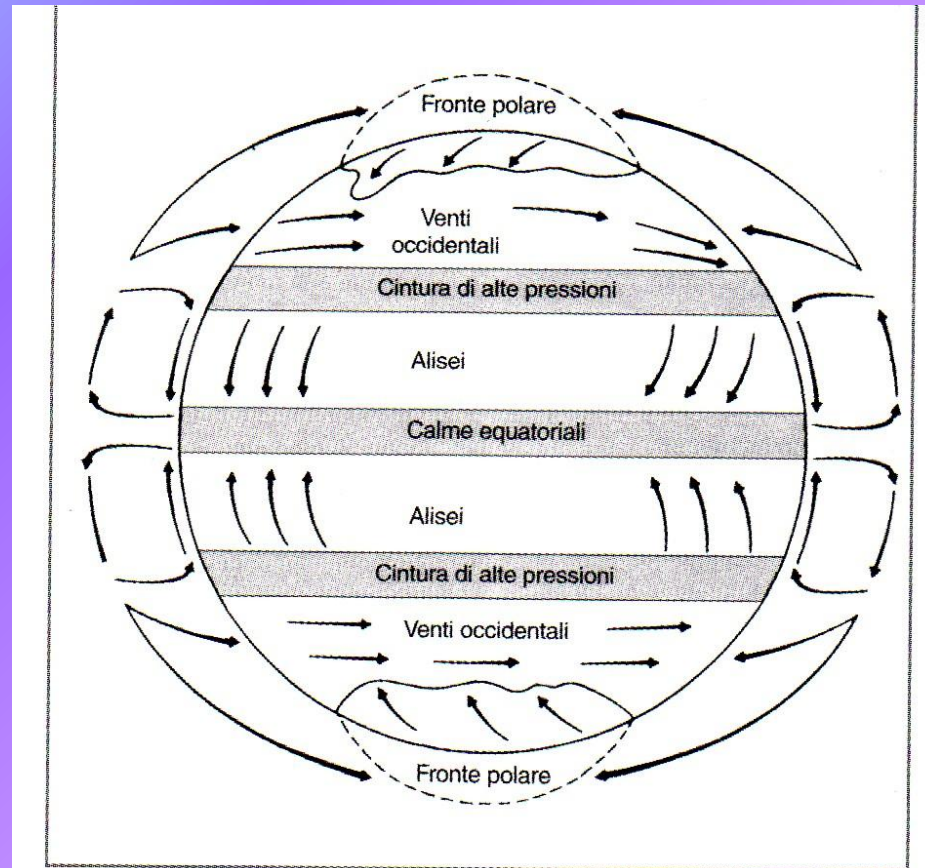


Atmosfera: composizione chimica e struttura

La composizione chimica della troposfera (nel caso di aria “secca”) è in gran parte di azoto molecolare N_2 (78%) e ossigeno molecolare O_2 (21%), con tracce del gas nobile Argon (0,9%), di CO_2 (0,04%). In realtà l’aria (“umida”) contiene sempre una quota di vapor acqueo (fino al 3-4%).

Sopra la tropopausa, alle più alte zone della **stratosfera**, la temperatura sale considerevolmente perché la molecola di Ozono (O_3) assorbe l'UV solare con il processo: $UV + O_3 = O_2 + O + \text{calore}$.

La circolazione generale atmosferica



I PRINCIPALI TIPI DI CLIMA

(definibili da entità e distribuzione di piogge e temperature)

- Clima continentale
- Clima oceanico
- Clima mediterraneo

- Clima di montagna
- Clima desertico
- Clima monsonico

I rilievi montuosi: influenza sul clima

La presenza di montagne influisce sulle caratteristiche climatiche di un territorio attraverso l'azione del rilievo che influisce sullo spostamento delle masse d'aria, dell'altitudine che modifica la densità dell'aria e della morfologia che crea condizioni variabili di pendenza e di esposizione.

Al crescere dell'altitudine diminuisce la temperatura dell'aria.

Anche le escursioni termiche annue si riducono all'aumentare della quota; in altre parole in alta montagna si ha un'impronta climatica di tipo oceanico.

Le precipitazioni aumentano con l'aumentare dell'altitudine, ma fino a un dato livello.

Altro fattore che in montagna gioca un ruolo decisivo sul fitoclima è il **vento**:

brezza di valle/brezza di monte

Fra i venti variabili di montagna si ricorda il *föhn*.

Ma ciò che maggiormente caratterizza il clima di montagna è la **topografia**.

Un fenomeno caratteristico, più che altro, delle regioni di montagna è l'inversione termica.

La morfologia delle regioni montuose può avere notevoli influenze sul clima anche sotto l'aspetto dell'**altitudine di massa**. Questa si può definire come l'**altitudine media** del solido cilindrico avente uguale volume e uguale base del massiccio montuoso, e rappresenta in pratica l'altitudine media di una regione di montagna.

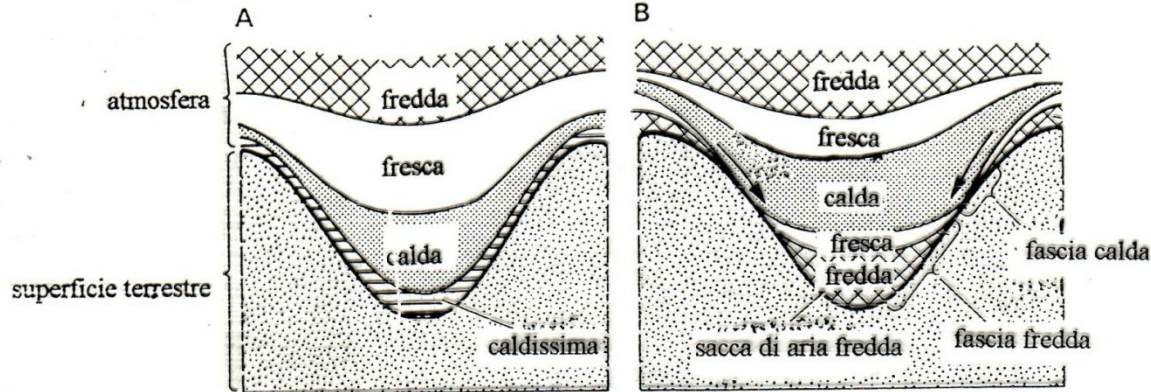
MECCANISMI DI RISCALDAMENTO DELL'ARIA

gradiente termico in aria umida ($0,65^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m di quota), causato da raffreddamento aria che salendo si espande ($<$ pressione atmosferica)

INVERSIONE TERMICA

Fenomeno soprattutto notturno (forte irraggiamento termico), frequente in zone di pianura continentali e in valli strette, in condizioni di alta pressione (inverno) e scarsa circolazione d'aria. D'estate, il normale gradiente tende a ristabilirsi.

Relazioni con nebbie e inquinanti



Sistema di classificazione del clima di Koppen (base fitogeografica)

Megaterme	Temperature ed umidità elevate	Foresta tropicale e pluviale	A (megatermici umidi, piovosi senza inverno)
Xerofite	Tolleranti la siccità, richiedono temperature elevate	Deserto caldo	B (aridi)
Mesoterme	Temperatura ed umidità relativamente elevate (miti)	Foresta decidua temperata	C (mesotermici, piovosi con inverno mite)
Microterme	Temperatura ed umidità ridotte, tollerano inverni rigidi	Foresta boreale	D (boreali-nivali, piovosi con inverni freddi)
Ekistoterme	Tollerano regioni polari	Tundra	E (nivali, regioni polari senza stagioni calde)

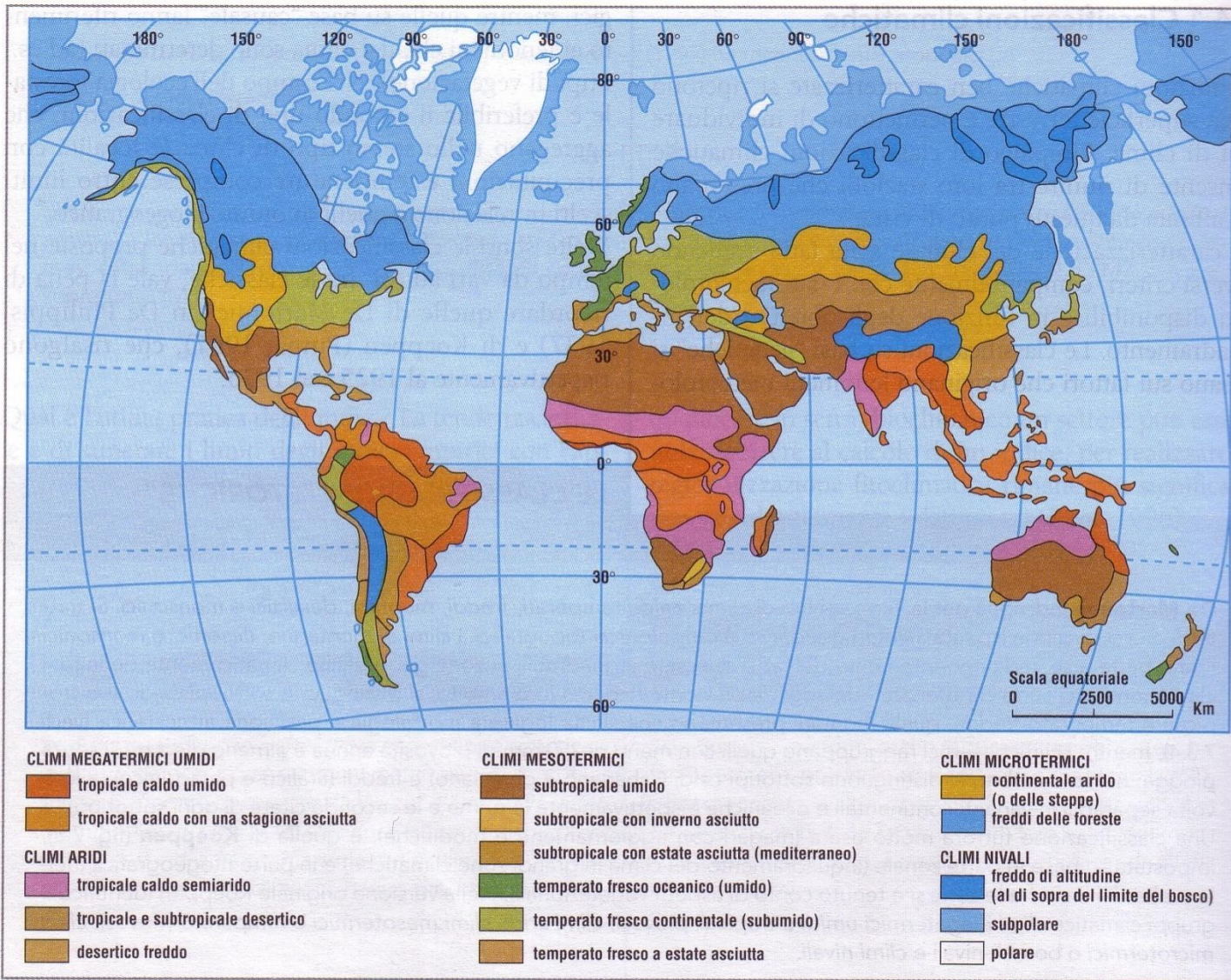


Fig. 7.8 - Rappresentazione cartografica dei climi basata sulla classificazione di Koeppen (1936), con modifiche. Da Accordi e Palmieri, 1987.

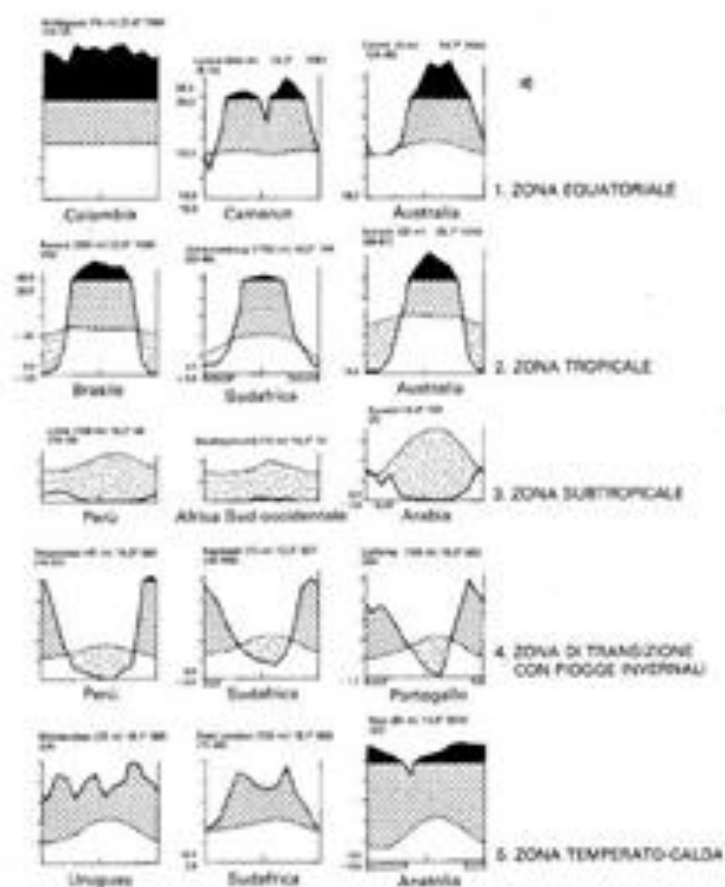
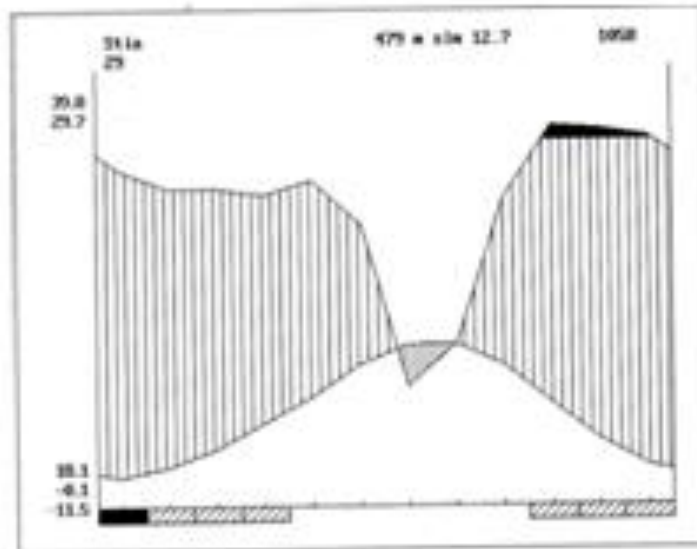
CLASSIFICAZIONE CLIMATICA DI WALTER

ZONE CLIMATICHE MONDIALI (Walther, 1975)

1. equatoriale (fra 10° N e 10° S)
2. tropicale delle piogge estive (a N e S della
1., fino a 25-30°)
3. secca sub-tropicale (dei deserti)
4. di transizione, di clima mediterraneo
(fino a 35-40° N e S)
5. temperato-calda (estate umida e inverno
mite)
6. temperata (inverni brevi e freddi,
estati calde e moderatamente umide)
7. temperato-arida (regioni continentali
con scarse precipitazioni e
forti escursioni annue)
8. temperato-fredda e boreale (inverni
freddi di durata superiore a 6
mesi ed estati umide)
9. artica (estati fredde e brevi, inverni
freddi e lunghi, con scarse
precipitazioni durante tutto
l'anno)

I DIAGRAMMI CLIMATICI

Gausсен:
 Aridità = $P < 2T$



I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Catastrofi climatiche (tempi ristretti)



- Estinzione in massa (75% specie presenti) di 65 milioni di anni fa (*Cretaceo*), causa brusco raffreddamento atmosferico. Ma si sono registrati anche altri bruschi cambiamenti (ere glaciali, di cui l'ultima nel 15.000 a. C., piccola era glaciale del 1400 ecc.)
- Cause?
 1. FATTORI CASUALI: asteroidi, radiazioni cosmiche da esplosioni di supernove, eruzioni vulcaniche, inondazioni ecc.
 2. ANDAMENTI PERIODICI: cicli di macchie solari e di magnetismo solare, variazioni dell'orbita terrestre e dell'inclinazione dell'asse (cicli di Milankovic)

CAMBIAMENTI CLIMATICI

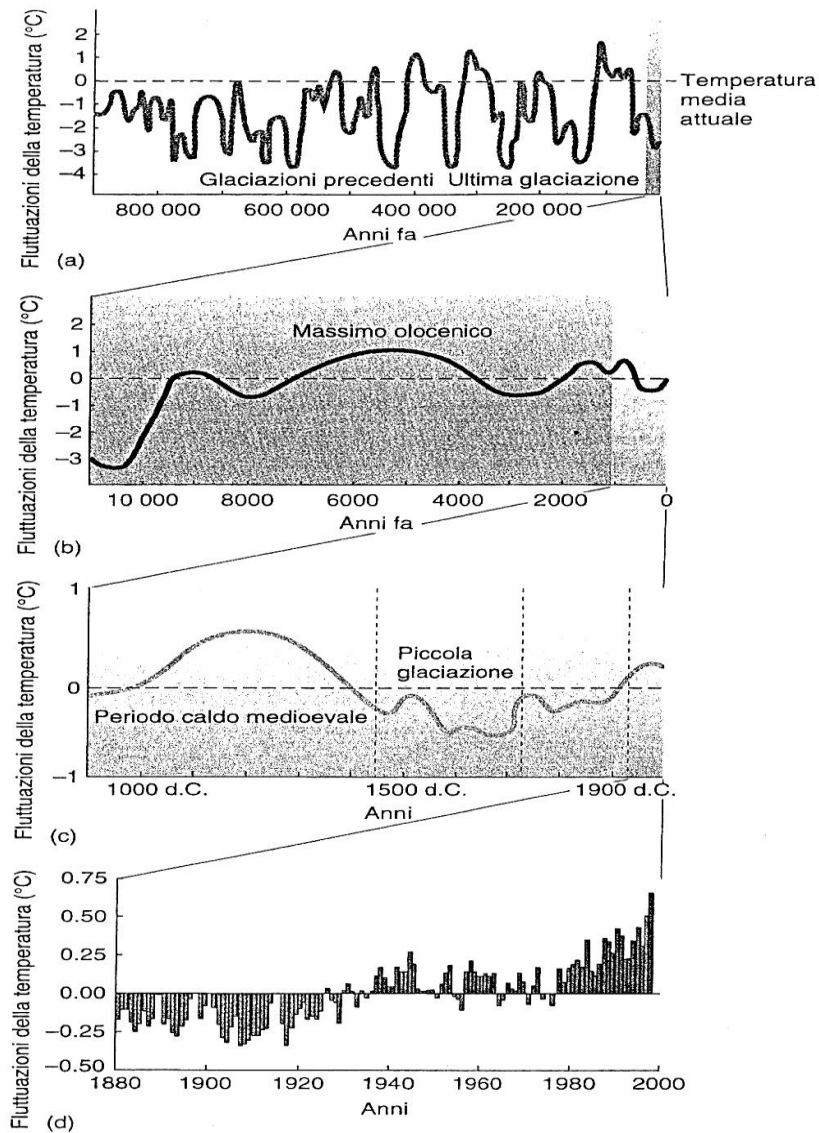


FIGURA 4.12 Variazioni della temperatura globale durante quattro diversi periodi: (a) negli ultimi 900 000 anni, (b) negli ultimi 10 000 anni, (c) negli ultimi 1000 anni e (d) negli ultimi 120 anni. Le linee tratteggiate dei grafici rappresentano la temperatura media del XX secolo. Notate che le scale cambiano in ogni grafico.

Fonte: (d) dati forniti dal National Climate Data Center/NESDIS/NOAA, 1998.

CAMBIAMENTI GLOBALI E INFLUENZE ANTROPICHE

La Terra si sta riscaldando (0,8 °C nell'ultimo secolo) ⇒ *Global warming*. Il XX secolo è il più caldo da quando esistono registrazioni termiche.



effetto serra e gas responsabili: CO₂, CH₄, CFC, N₂O, O₃

Riscaldamento globale e incremento CO₂: legami esclusivi causa-effetto? Il clima è imprevedibile e soggetto a cambiamenti, spesso bruschi, il che complica previsioni e formulazione scenari.

Alla luce delle attuali tendenze, si stima che la T media del pianeta aumenterà, in questo secolo, di 1,4-5,8 °C (differenza fra T media attuale e quella dell'ultima era glaciale, 15.000 anni fa = 5°C!).

Anche le precipitazioni sono aumentate, soprattutto alle alte latitudini (cresce la frequenza di inondazioni e tempeste).



0,55°C dal 1970 ad oggi!



HFC

idrocarburi alogenati, usati come refrigeranti, ad altissimo effetto serra

- T media dell'Artico è cresciuta, negli ultimi 100 anni, più del doppio di quella globale!
- T media degli oceani è aumentata; il livello marino è cresciuto di 2,5 mm/anno dal 1961
- Ghiacciai montani e copertura nevosa sono diminuiti
- Nelle zone tropicali e subtropicali, a partire dal '70, i periodi di siccità sono cresciuti di durata e intensità

Cambiamenti climatici e CO₂

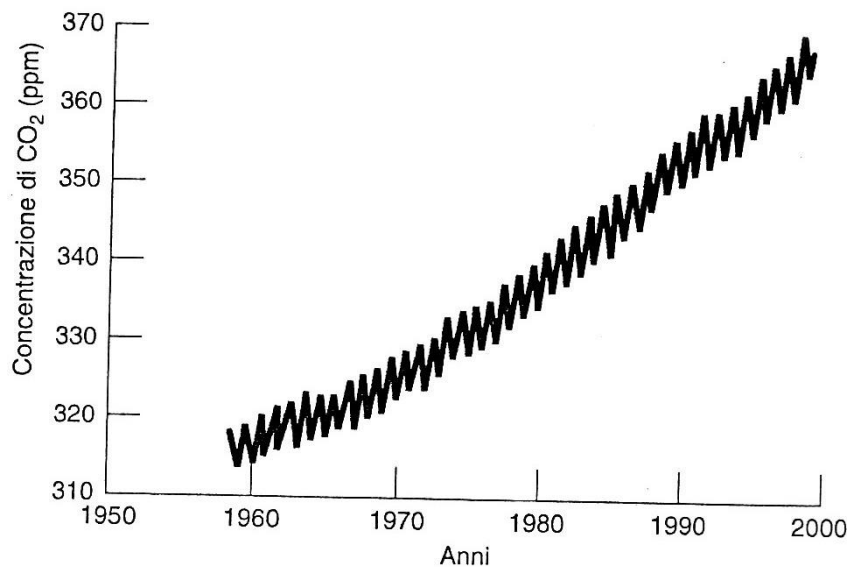


FIGURA 4.17 Le concentrazioni di anidride carbonica rilevate dall'Osservatorio del Mauna Loa, Hawaii, sono cresciute in modo drammatico a partire dal 1958.

Fonte: dati tratti da: Dave Keeling, Tim Whorf, Scripps Institute of Oceanography.

Metà XIX secolo: 280 ppm

1958: 315 ppm

Oggi: oltre 390 ppm

**Ritmo attuale di crescita:
2 ppm all'anno**



Fra 50 anni: 500 ppm?

• PREVISIONI E POSSIBILI SCENARI

Scenari a retroazione positiva e negativa:

- + ➡ Riscaldamento oceani con aumento emissione vapor d'acqua; scioglim. ghiacciai con < albedo
- ➡ Aumento nuvolosità, aerosol da inquinamento atmosferico
- Previsioni e scenari spesso contrastanti, perché legati a molte variabili (clima è “sistema non lineare multifattoriale” → tendenze più che previsioni), alcune delle quali politiche



Conferenza di Rio (1992) e Protocollo di Kyoto (1997): gli USA non firmano l'accordo del 2001, che applica le misure necessarie alla ratifica del protocollo. Tuttavia in molti paesi si sono fatti progressi nella riduzione delle emissioni (sostituzione del carbone con gas naturali, sfruttamento energie alternative rinnovabili ecc.)

Conferenza ONU a **Bali** 2007: adozione di una *tabella di marcia* che dà il via a 2 anni di negoziati durante i quali si dovrà trovare un accordo sulle emissioni di gas serra, in sostituzione del protocollo di Kyoto: la delegazione USA fornisce finalmente disponibilità.

Copenaghen 2009: lettera di intenti ma nessun impegno vincolante.

Durban 2011: intesa mondiale *salva-clima*, che impegna tutti i paesi e rilancia la *green economy* (economia sostenibile), con un trattato da formalizzare nel 2015 ma operativo nel 2020, basato su taglio emissioni di gas serra e istituzione di un *Fondo verde per il clima* a favore dei paesi più poveri, minacciati, secondo i casi, da 1) avanzata dei deserti (Africa) o da 2) innalzamento degli oceani (piccole isole e arcipelaghi).

Doha 2012: estensione del protocollo di Kyoto al 2020, ma... Giappone, Canada e Russia si sfilano dagli impegni (USA, Cina, India, Brasile ecc. erano già fuori) mentre i paesi che aderiscono sono responsabili solo del 15% delle emissioni. Gli aiuti ai paesi poveri sono 1/10 di quelli richiesti

2014, USA e Cina si accordano per la riduzione delle emissioni di gas serra

EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO




- Assottigliamento del ghiaccio artico, migrazione a nord del pack (vita selvatica stravolta)
- Lenta agonia dei ghiacciai
- Innalzamento del livello dei mari (espansione termica, scioglimento ghiacciai), e conseguenti danni agli ecosistemi marino-costieri.
- Aumento frequenza eventi meteorologici estremi (uragani, alluvioni...)
- Acidificazione degli oceani (alterazione dell'habitat marino)
- Soprattutto, in ogni zona del globo, il riscaldamento va troppo veloce perché le specie possano adattarsi alle nuove condizioni: modifiche alla distribuzione geografica e alla composizione di molti ecosistemi (perdita di biodiversità)
- Desertificazione nelle zone temperate e calde del Pianeta, emergenza idrica
- Problemi all'agricoltura (calo della prod. alimentare soprattutto nella fascia tropicale e subtropicale → paesi più poveri), crisi economiche, aumento diffusione delle malattie → possibili esodi di massa

EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO: i settori più a rischio nel nostro Paese

- **RISCHIO IDROGEOLOGICO** (aumento inondazioni e frane)
- **AGRICOLTURA** (problemi di aridità)
- **TURISMO** (alterazione dei climi regionali)
- **SALUTE UMANA** (ondate di calore)
- **SISTEMI DI PRODUZIONE ENERGETICA**
- **INFRASTRUTTURE COSTIERE E MARINE** (innalzamento dei mari)
- **STILI DI VITA DELLE FAMIGLIE**

L'AGRICOLTURA E L'EFFETTO SERRA

Il settore agricolo origina soprattutto 3 gas serra

- 1) **Metano** (CH_4)  fermentazione biomasse, allevamenti bestiame, risaie
- 2) **Anidride carbonica** (CO_2)  emissioni in seguito a ossidazione sostanza organica dei suoli (arature), bruciatura stoppie e residui vegetali, macchine agricole, cui va aggiunta la deforestazione
- 3) **Protossido di azoto** (N_2O)  prodotto delle concimazioni azotate

Situazione in Toscana in seguito ai cambiamenti climatici dell'ultimo mezzo secolo (settore agricolo)

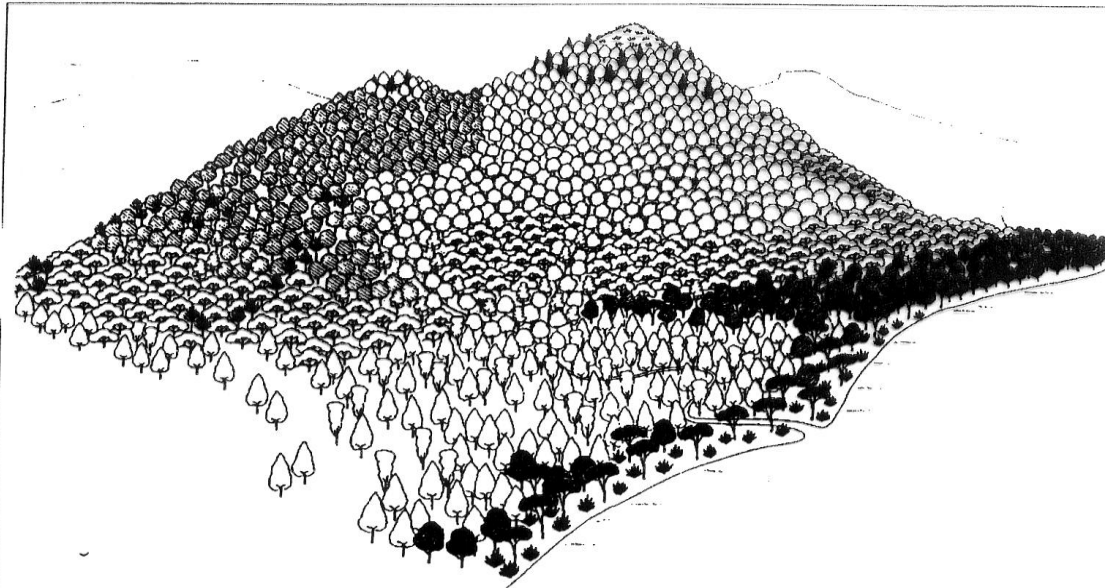
- 1. Riduzione delle risorse idriche** (aumento competizione tra settori economici)
- 2. Riduzione delle capacità produttive delle principali colture di interesse agricolo** (olivo, frumento, vite)
- 3. Variazione areali legati a produzioni di qualità** (vite)
- 4. Modifica della distribuzione e intensità delle fitopatie di interesse agricolo e forestale** (oidio, mosca olivo, cancro del castagno)
- 5. Ridotte potenzialità produttive per le colture energetiche** (aumento del fabbisogno idrico)
- 6. Riduzione del reddito lordo degli imprenditori agricoli** (settore cerealicolo, olivicolo e viticolo)
















LE FASCE DI VEGETAZIONE IN ITALIA

Termomediterranea <i>Appenninica-insulare</i>	Boscaglie a carrubo, macchie basse a palma nana, lentisco, ginepro e rosmarino
Mesomediterranea <i>Appenninica-insulare</i>	Lecceta, sughereta, macchia mediterranea, pinete medit.
Sopramediterranea inf. <i>Appenninica-insulare</i>	Boschi misti con leccio e roverella
Collinare <i>Appenninica-insulare e alpina</i>	Querceti misti, castagneti, ostrieti (boschi planiziari di farnia)
Montana	Faggete, faggete-abetine, pinete di p. silva.tre, peccete-abetine (<i>solo alpina</i>)
Subalpina <i>Alpina</i>	Peccete (abete rosso), larici-cembreti, pinete d'altitudine
Alpica <i>Appenninica e alpina</i>	Arbusti nani e prostrati, praterie d'altitudine

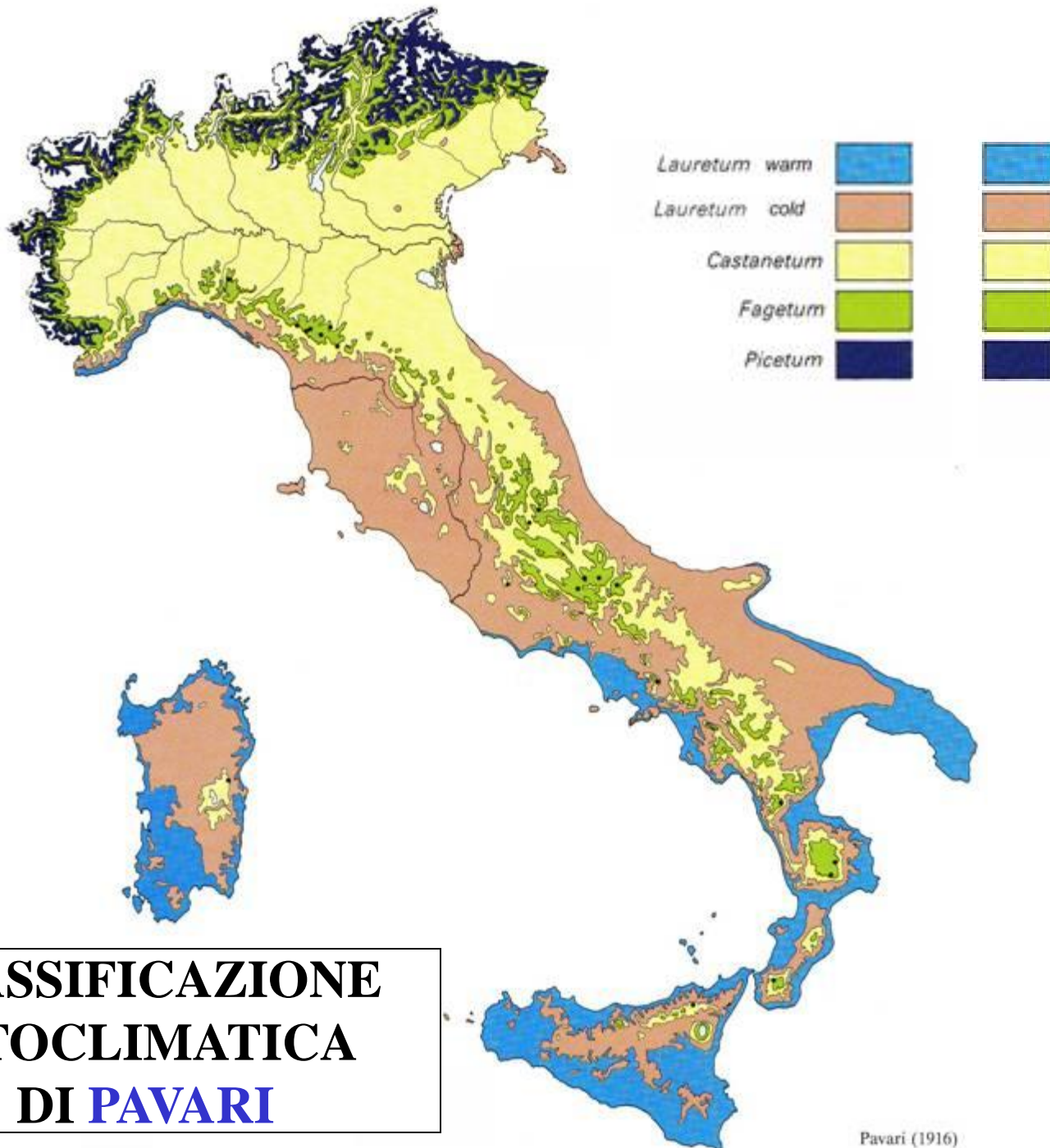
Fasce di vegetazione in Toscana (Arrigoni 1998)



- | | | | |
|---|--|--|---|
|  | Prati cacuminali |  | Popolamenti secondari di pino marittimo (<i>Calluno-Ulicetea</i> p.m.p) |
|  | Orizzonte montano dei boschi di faggio e abete (<i>Aceri-Fagion</i>) |  | Boschi di latifoglie termofili e relativamente xerofili (<i>Lonicero-Quercion</i>) |
|  | Orizzonte montano della faggeta (<i>Fagion</i>) |  | Boschi a prevalenza di sclerofille sempreverdi mediterranee (<i>Quercetea ilicis</i>) |
|  | Orizzonte montano delle faggete acidofile (<i>Luzulo-Fagion</i>) |  | Popolamenti secondari di pino domestico |
|  | Boschi misti mesofili di latifoglie decidue (<i>Crataego-Quercion</i>) |  | Boscaglie e macchie litoranee di ginepri |
|  | Robinieti |  | Boschi planiziari o ripariali igrofili (<i>Populetalia, Salicetalia</i>) |
|  | Castagneti e boschi misti acidofili (<i>Quercion roboris</i>) | | |

Classificazione fitoclimatica di Pavari (1916)

Zona, Tipo, Sottozona	Temperatura media annua	Temperatura media mese più freddo	Temperatura media mese più caldo	Media dei minimi
A. LAURETUM				
1° tipo: piogge uniformi	15° a 23°	> 7°	-	> -4°
2° tipo: con siccità estiva				
3° tipo: con piogge estive				
	14° a 18°	> 5°	-	> -7°
	12° a 17°	> 3°	-	> -9°
B. CASTANETUM				
sottozona calda	10° a 15°	> 0°	-	> -12°
1° tipo (senza siccità estiva)				
2° tipo (con siccità estiva)				
sottozona fredda	10° a 15°	> -1°	-	> -15°
1° tipo (piogge > 700 mm)				
2° tipo (piogge < 700 mm)				
C. FAGETUM				
sottozona calda	7° a 12°	> -2°	-	> -20°
sottozona fredda	6° a 12°	> -4°	-	> -25°
D. PICETUM				
sottozona calda	3° a 6°	> -6°		> -30°
sottozona fredda	3° a 6°	anche < -6°	> 15°	anche < -30°
E. ALPINETUM				
	anche < 2°	< -20°	> 10°	anche < -40°



**CLASSIFICAZIONE
FITOCLIMATICA
DI PAVARI**

IL CLIMA ALL'INTERNO DEL BOSCO



Clima + oceanico rispetto all'esterno

Luce: quantità e qualità

Temperatura

Umidità dell'aria

Precipitazioni

La città, isola di calore

Nelle grandi aree urbane il clima è più mite che nelle zone rurali (o forestali) vicine: l'effetto si estende fino a 200-300 m di quota, con valori di 0,5-3°C di differenza

Le città sono costruite con materiali che assorbono in media il 10% in più di energia solare; si aggiungano riscaldamenti, aree industriali, traffico, metabolismo degli abitanti.

I manufatti cittadini reirradiano poi l'energia assorbita sotto forma di infrarosso

Solo gli aerosol (da inquinanti) attenuano l'afflusso di radiazione...

Effetto canyon (soprattutto notturno)

Anche altri parametri sono influenzati



Minor velocità del vento

Maggiore nuvolosità e piovosità (nuclei di condensazione)

Maggiore frequenza temporali

IMPORTANZA DEL VERDE URBANO

Contenuto idrico del suolo, evapotraspirazione, ombreggiamento, assorbimento calore da tessuti vegetali, prati, specchi d'acqua.

Calore specifico dell'acqua!

In un parco di grandi dimensioni la T può essere inferiore di 1-3°C rispetto al centro!

ALTRI PROBLEMI DELL'AMBIENTE URBANO

Traffico, inquinanti, rifiuti (inceneritori), rumori