

Modalità delle comunità nello spazio: **BIOMI**

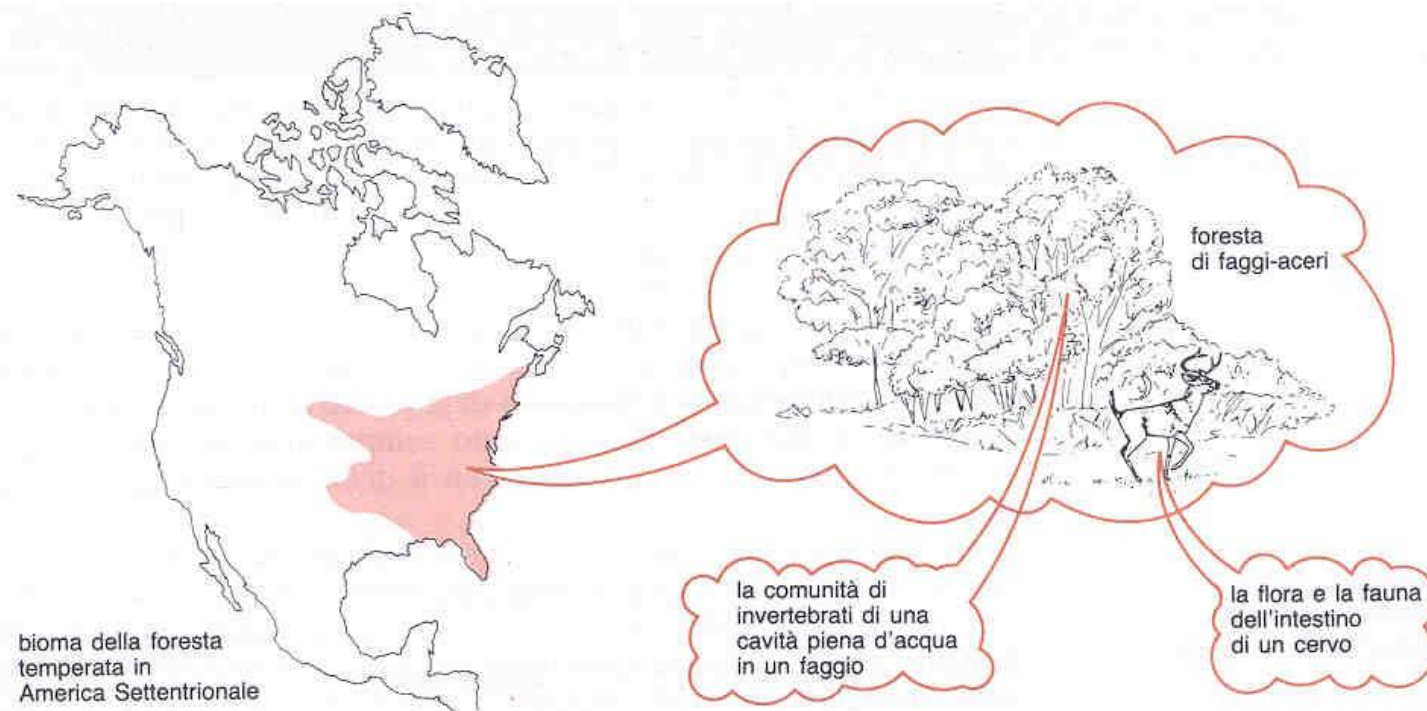
STUDIO DELLA COMUNITA'

La comunità possono essere riconosciute a vari livelli di scala, tutti ugualmente legittimi

Nel caso, identifichiamo una gerarchia di habitat, annidati l'uno dentro l'altro:

1. bioma della foresta temperata in Nord America
2. foresta di faggio-acero nel New Jersey
3. cavità di un albero piena d'acqua
4. intestino di un mammifero

L'ecologo può scegliere di studiare la comunità che esiste su qualsiasi di queste scale



MODALITA' DELLE COMUNITA' NELLO SPAZIO

B

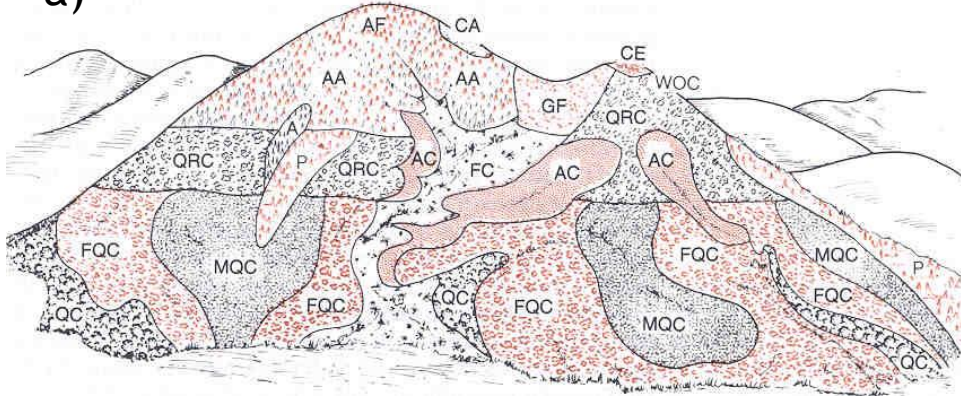
Analisi del gradiente

Es: distribuzione della vegetazione su Great Smoky Mountains (Tennessee, USA)

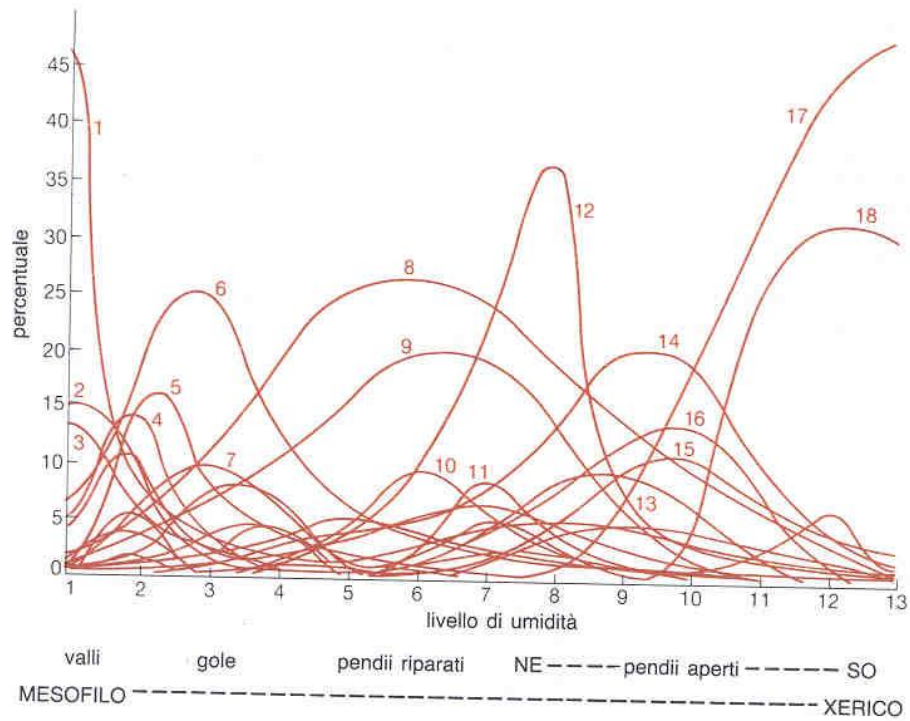
Descrizione della vegetazione: associazioni di alberi dominanti sul fianco della montagna (comunità con confini netti). Il fianco della montagna stesso fornisce una gamma di condizioni: altitudine e umidità possono essere particolarmente importanti nel determinare la distribuzione delle spp



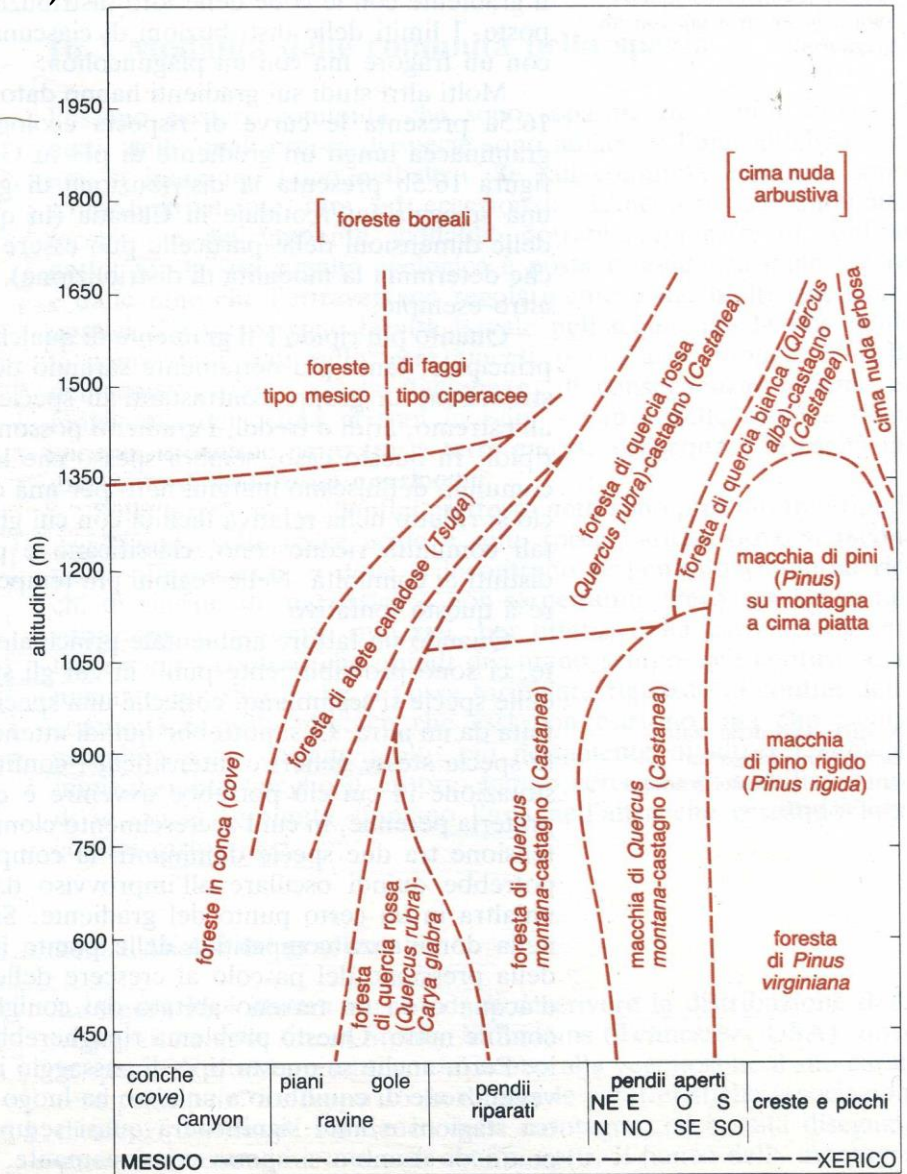
a)



c)

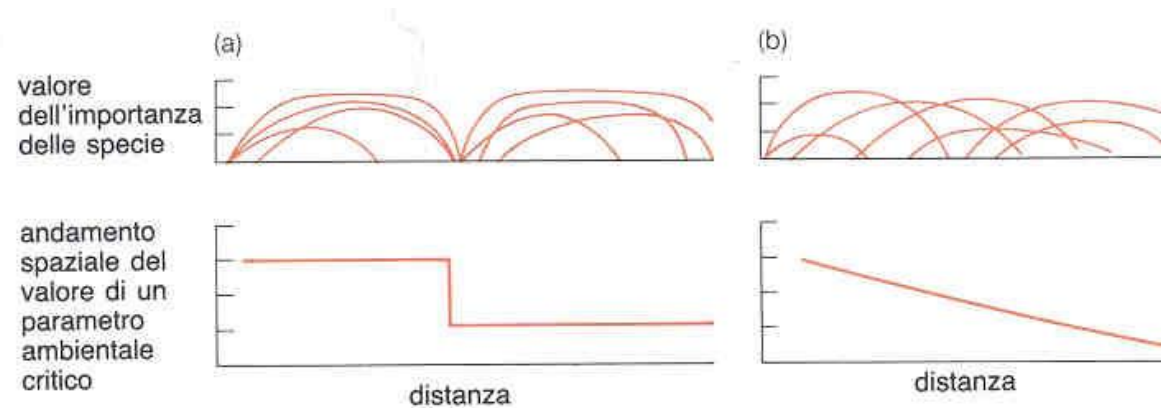


b)



C

Il fatto che comunità si sostituiscano o no l'una all'altra dipende dalla modalità spaziale di importanti condizioni ambientali sottostanti



(a) se le condizioni variano in modo discontinuo, gruppi di specie possono sostituirsi l'un l'altro al confine

(b) se le condizioni variano con continuità, è probabile che varino con continuità anche le importanze relative delle specie dominanti

Quanto + ripido è il gradiente, tanto + nettamente sono definiti i margini della distribuzione di gruppi contrastanti di specie

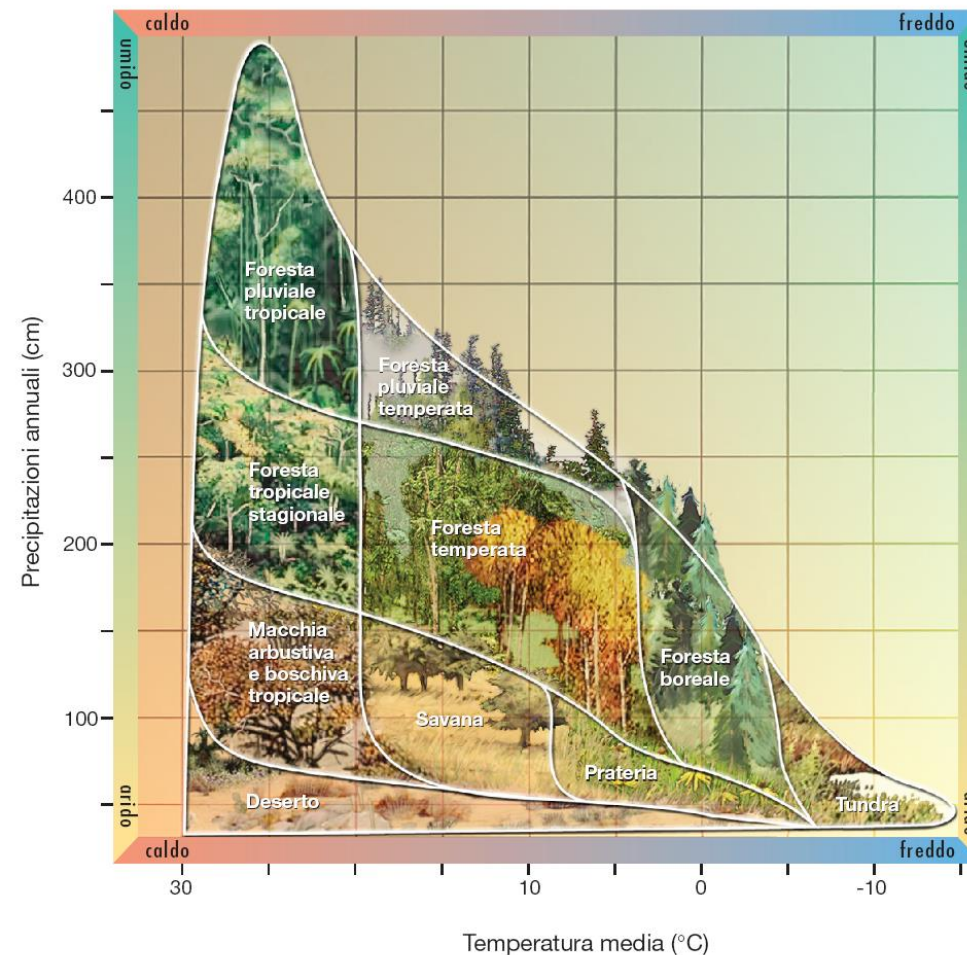
In ambienti estremi (aridi, freddi, ecc) i gradienti possono essere particolarmente ripidi

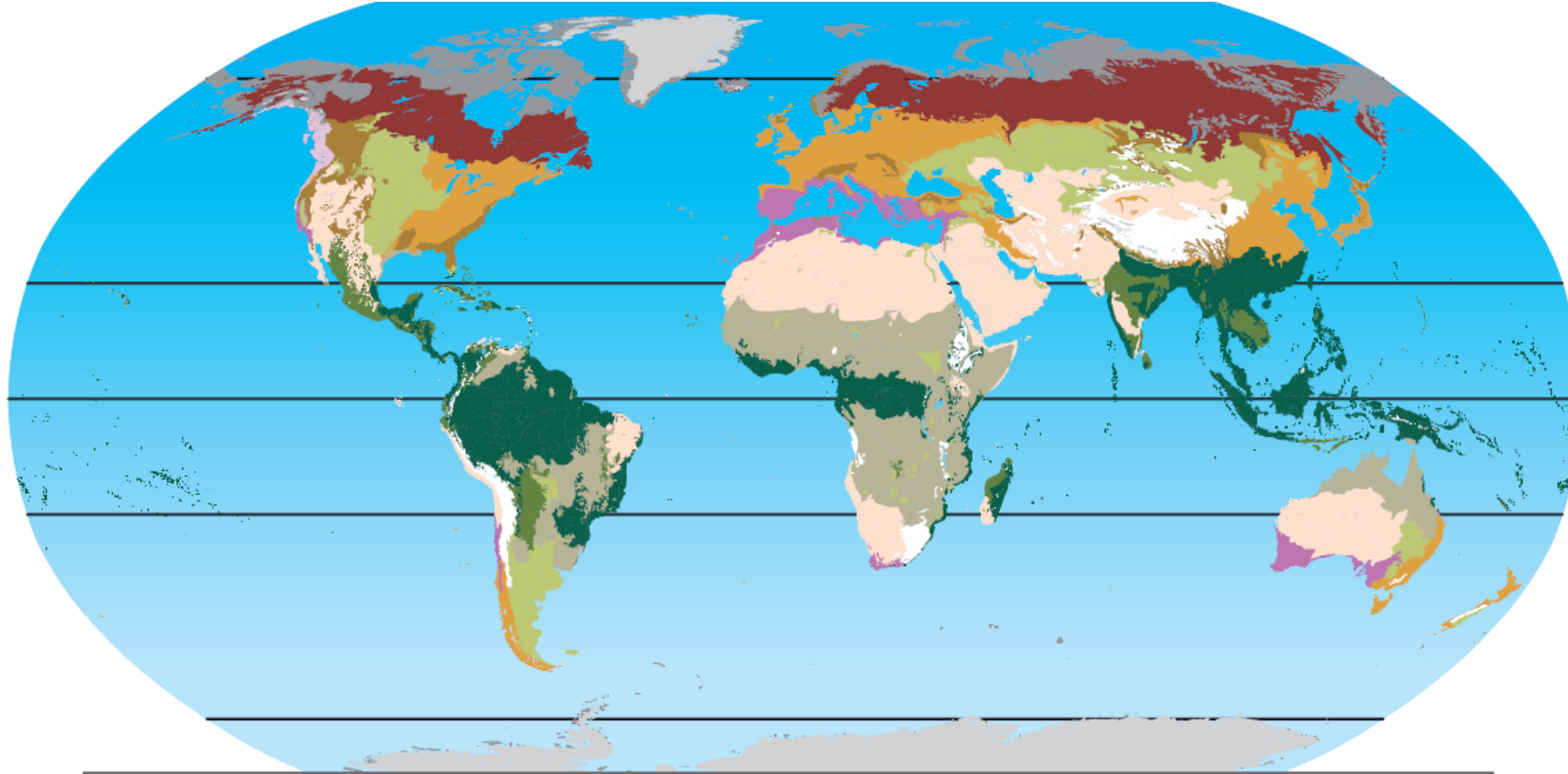
Quando un fattore varia lungo un gradiente, vi saranno punti in cui gli status competitivi relativi delle specie si scambiano, una specie dominante viene sostituita da un'altra

BIOMI TERRESTRI

2

- **Biomi** - Aree che si assomigliano per clima, condizioni topografiche e pedologiche e che presentano comunità biologiche simili.
 - Temperatura e precipitazioni sono i principali fattori che determinano la distribuzione dei biomi.
 - Molti biomi terrestri sono identificati dal tipo di vegetazione che domina le comunità.





foresta pluviale tropicale, foresta umida subtropicale
foreste stagionali tropicali e subtropicali
praterie e savane tropicali
deserti e boscaglie aride

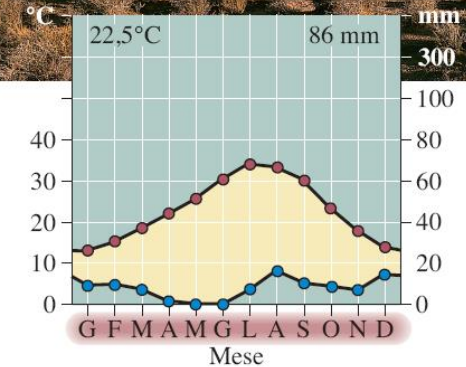
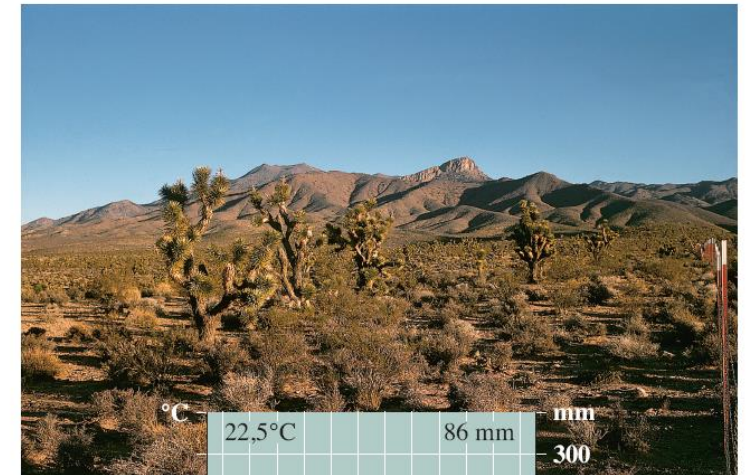
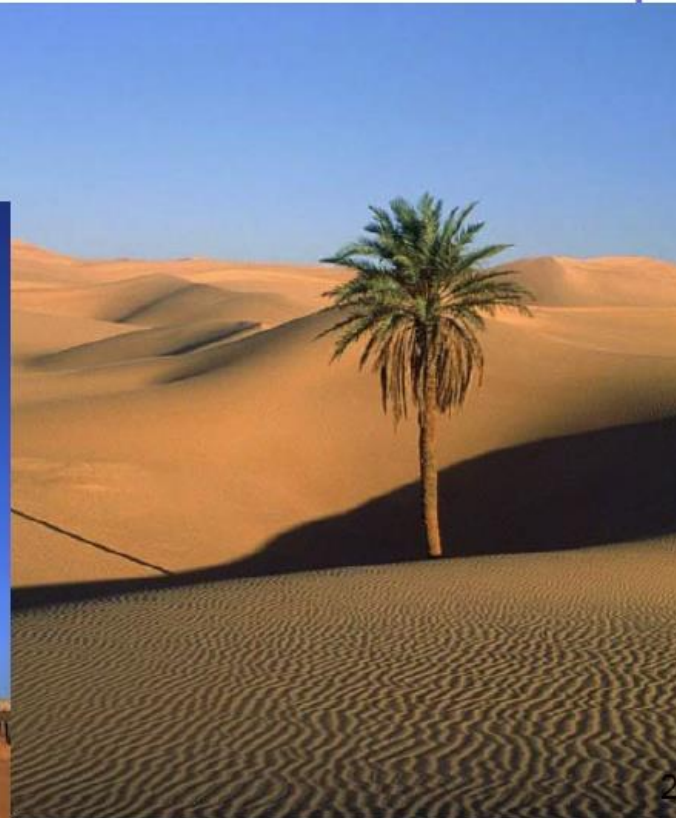
foresta pluviale temperata
foreste di conifere temperate
foreste di latifoglie e miste temperate
woodland e boscaglie mediterranee
praterie e savane temperate

foreste boreali
tundra
rocce e ghiacci
praterie e boscaglie montane

DESERTI E SEMIDESERTI

Piogge scarse, spesso assenti per anni (< 200 mm)

- ❖ Deserti tropicali e subtropicali (Sahara, Cile, Mojave, Kalahari)
- ❖ Deserti temperati (Patagonia, Medio Oriente, Asia centrale)
- ❖ Deserti freddi (Tibet)

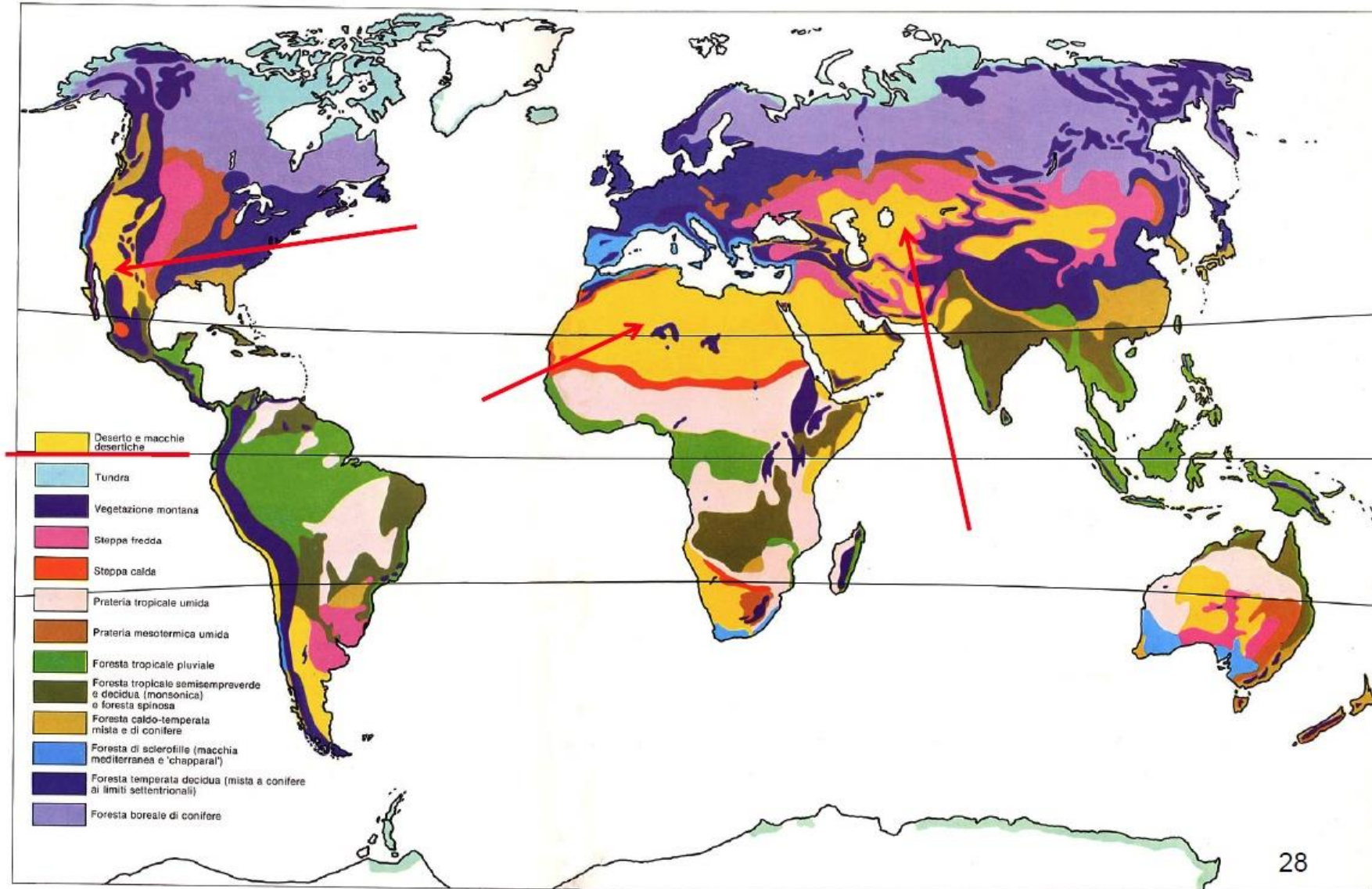


Deserto

1. Localizzati prevalentemente tra 20 e 30° di latitudine N e S (le regioni di discesa del flusso di aria tropicale)
2. I deserti sono caratterizzati dal secco e non dal caldo (ci sono deserti caldi e deserti freddi)
3. Suoli generalmente molto poveri (spesso ricchi di sale)
4. Scarsa presenza (biomassa) di animali e vegetali ma elevata biodiversità
5. Animali e piante con adattamenti al secco ed alle precipitazioni molto discontinue



ZONE DI VEGETAZIONE IN RAPPORTO AL BIOCLIMA (BIOMI)



PRATERIE E STEPPE TEMPERATE

7

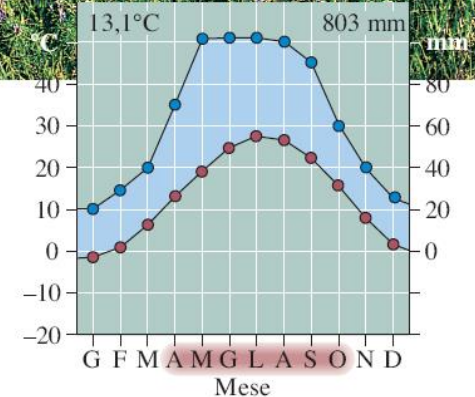
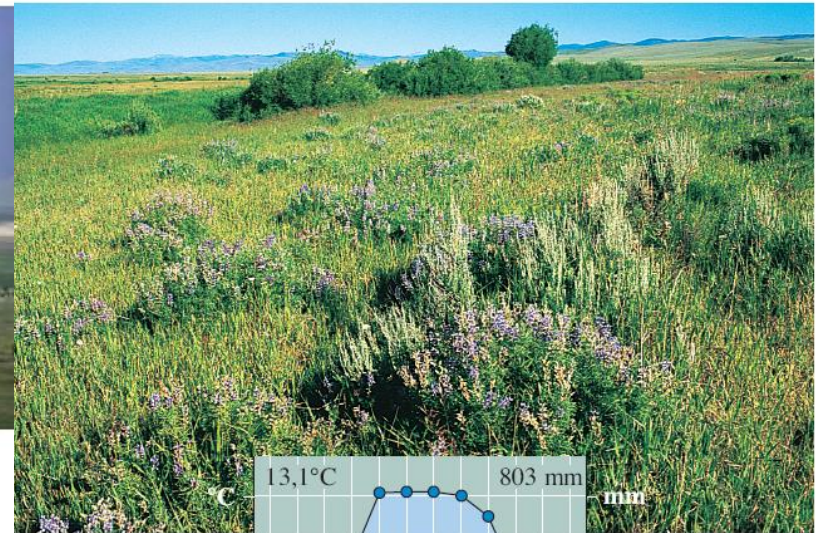
Formazioni erbacee dovute al clima, ma anche a pascolo e incendio

Steppa (Eurasia) + arida, con pochi arbusti xerofili
(*Artemisia*)

Prateria (America) - arida, con arbusti mesofili

Clima temperato arido

Steppa europea



Praterie delle zone temperate

1. Clima continentale con estati calde ed inverni freddi
2. Suolo profondo e fertile, ricco di materia organica
3. Precipitazioni variano tra 300 ed 850 mm/anno
4. Il fuoco é il principale disturbo naturale
5. Il più importante bioma dell'America settentrionale



Prateria nord americana



Pampa argentina



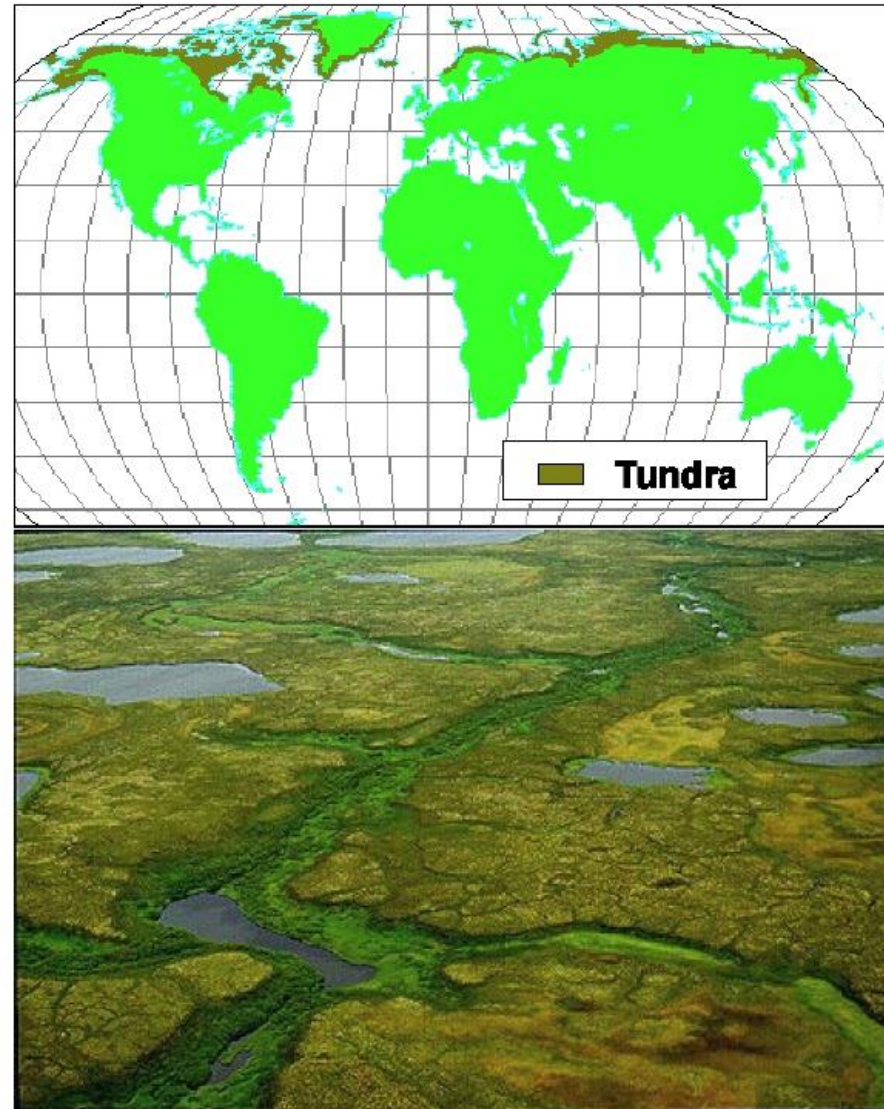
TUNDRA

Nella regione artica, con stagione fredda e gelo per 8 mesi, stagione calda brevissima

Al limite con la taigà

Vegetazione di muschi e licheni, salici e betulle nane

Suoli praticamente aridi per la presenza di ghiaccio nel terreno, formazione di acquitrini superficiali al disgelo



Tundra

1. Vicino al circolo polare artico; massime latitudine raggiunte da vegetazione arborea
2. Freddo e secco
3. Precipitazioni comprese tra 200 e 600 mm/anno
4. Stagione vegetativa di poche settimane
5. Torbiere, laghi e permafrost (ristagno acqua)
6. Mammiferi abbondanti

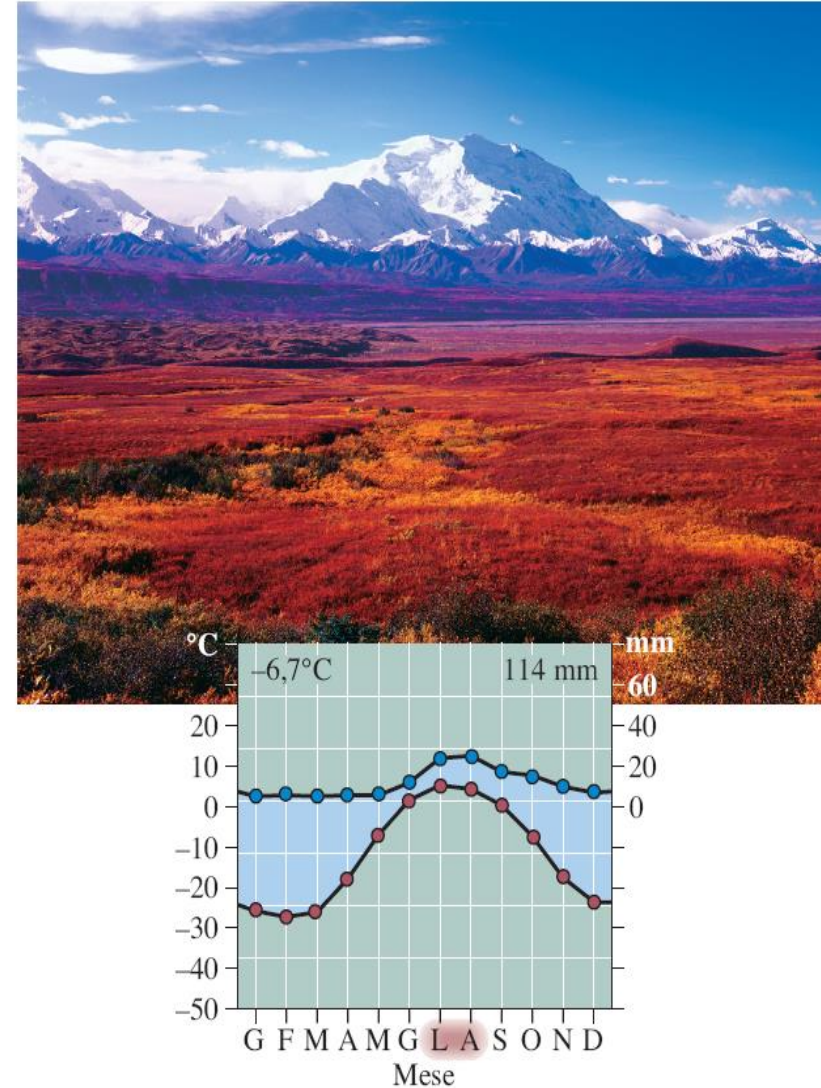


FIGURA 8.18

La tundra alpina, molto simile per associazioni vegetali a quella artica, si trova alle alte altitudini, corrisponde al limite della vegetazione, oltre le praterie alpine, fino alle rocce nude o ai ghiacciai perenni.



FORESTE BOREALI DI CONIFERE (TAIGA')

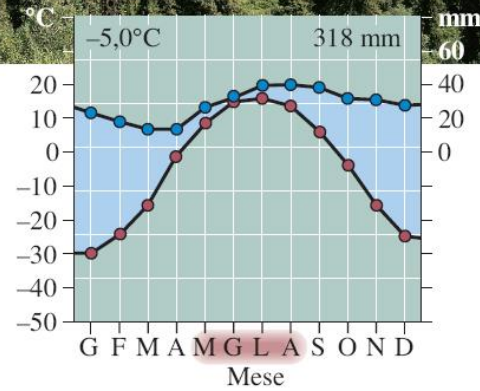
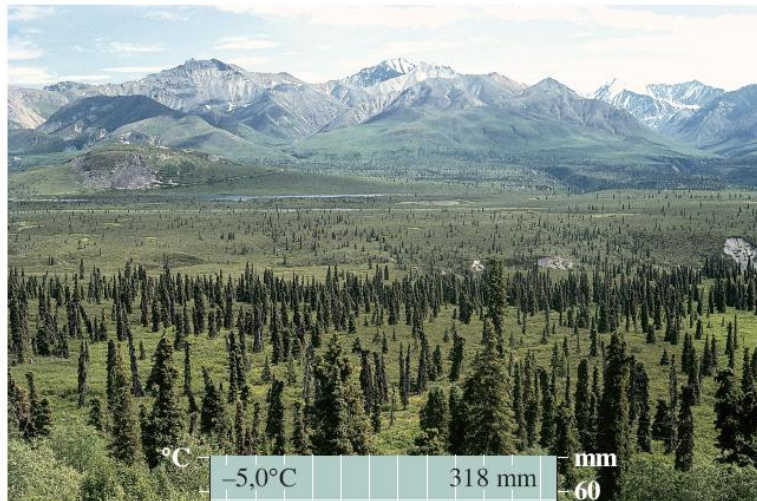
Solo nell'emisfero Nord, clima continentale con inverno molto freddo

Conifere sempreverdi (*Pinus*, *Picea*, *Abies*) e caducifoglie (*Larix*)

Betulle, pioppi, ontani



1. Presenti tra 50 e 65° N nell'emisfero Nord (nell'emisfero Sud mancano le equivalenti foreste Australi)
2. Temperatura media annua < 5°C; inverni molto freddi
3. Stagione vegetativa < 100 giorni
4. Precipitazioni ridotte (200-600 mm/anno)
5. Suoli con limitata fertilità
6. Conifere
7. Ruolo fondamentale del fuoco come fattore di disturbo naturale



FORESTE TEMPERATE

Composizione varia secondo la durata della stagione calda

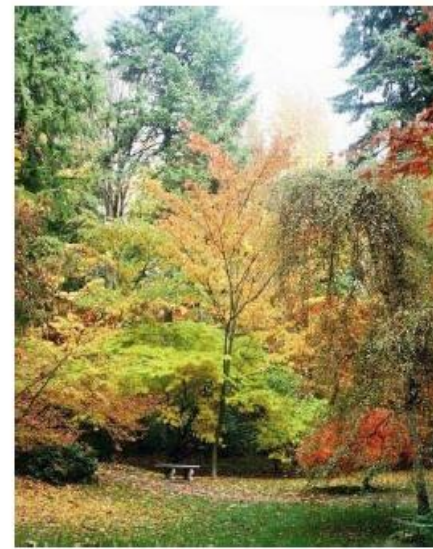
Foreste a latifoglie decidue

Europa media, E USA, E Asia

*Quercus, Fagus, Acer, Tilia, Fraxinus,
Ostrya, Carpinus*

Cile

Nothofagus

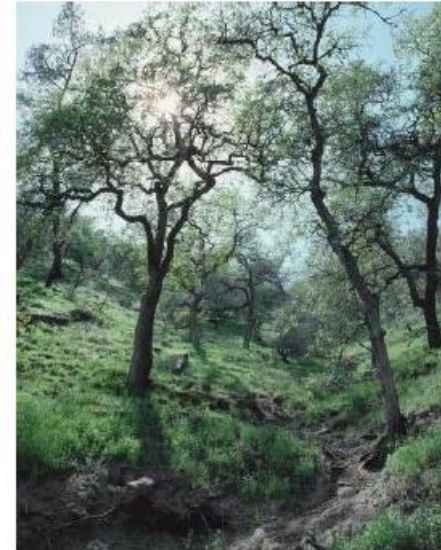


Foreste sempreverdi

Europa, N America, Asia

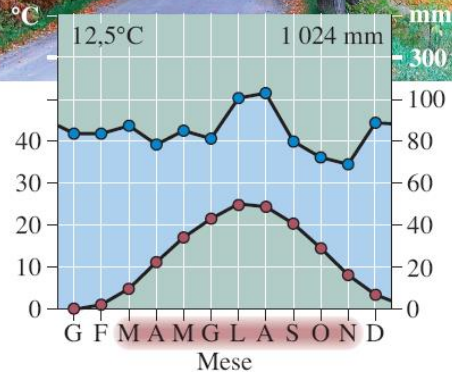
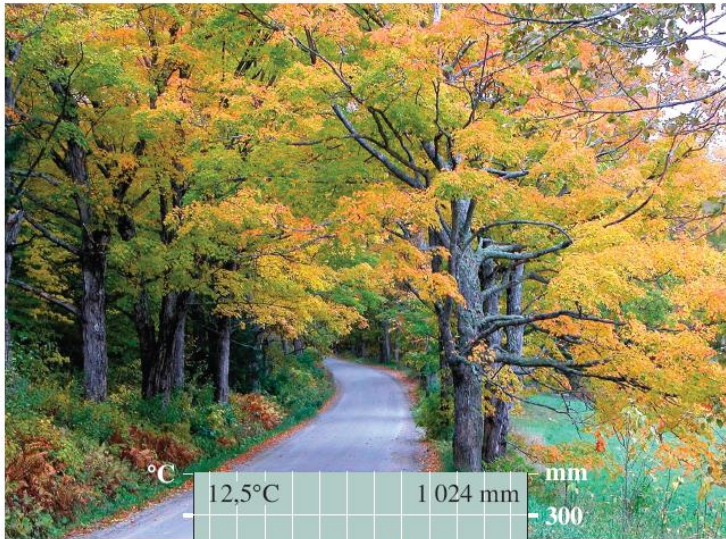
boschi di conifere

clima temperato umido



Foreste temperate (conifere e latifoglie)

1. Localizzate tra 30 e 55° di latitudine N e S
2. Precipitazioni relativamente abbondanti (600-3000 mm anno-1) e distribuite in modo più uniforme nell'anno
3. Temperature miti
4. Latifoglie prevalenti ma anche conifere
5. Suoli fertili e ricchi



1. Molte regioni comprese fra le zone tropicali e quelle temperate presentano superfici coperte dalla *macchia mediterranea* che viene chiamata *chaparral* in California, *matorral* nel Cile centrale, *fynbos* in Sudafrica, e *mallee* in Australia meridionale.
2. In queste regioni le estati sono secche e gli inverni piovosi. I suoli sono poveri di nutrimento e consentono lo sviluppo di arbusti sempreverdi e alberi di piccola taglia.
3. Per limitare la perdita d'acqua le piante hanno foglie piccole e coriacee; esse sono in molti casi lucide e chiare in modo da riflettere i raggi del sole.
4. Pianta caratteristiche di questo ambiente sono gli agrumi, il fico, l'ulivo, l'alloro, il leccio, l'eucalipto, il pino mediterraneo, la quercia.
5. Le specie sono adattate al fuoco (pirofite attive e passive)



FORESTE DI SCLEROFILLE

Piante sempreverdi, a foglie ispessite, rivestite da spesse cuticole e cere (querce, allori, ecc.)

BOSCO E MACCHIA MEDITERRANEA

Bacino del Mediterraneo

Bosco: leccio, sughera e altre querce

Macchia: lentisco, mirto, corbezzolo, erica

Gariga: cisti, rosmarino, timo, lavanda

Deriva dalla degradazione del bosco per incendi o coltivazioni

Per ulteriore degradazione si forma la gariga, con erbe e bassi arbusti su suolo molto degradato

**Gli altri “Mediterranei” del mondo:
California, Cile, Sud Africa, S Australia**



FORESTE PLUVIALI EQUATORIALI

Latifoglie sempreverdi

Fascia intertropicale

Clima equatoriale umido

Suolo povero x il dilavamento

Fanerofite / Liane / Epifite

Conseguenze della deforestazione



Sud America (Amazzonia)

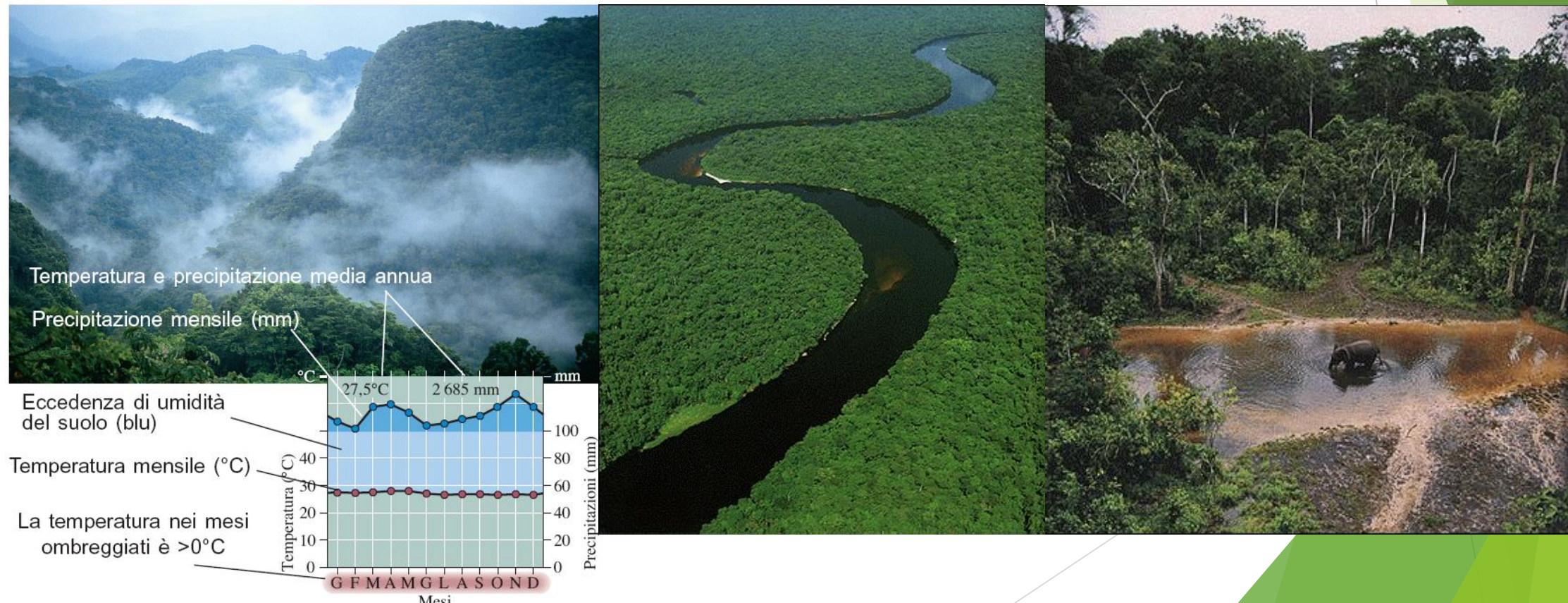
Africa (Costa d'Avorio, bacino del Congo)

SE Asia (Indonesia, Malesia, Sumatra,
Borneo, Nuova Guinea)

NE Australia

Foreste pluviali tropicali

1. Calde (t° media annua 25-27°C) e ricche di precipitazioni (2000-4000 mm)
2. Localizzate vicino all'equatore (10°N e S)
3. I suoli sono molto poveri di nutrienti (le alte temperature e precipitazioni conducono ad una rapidissima decomposizione della materia organica)
4. Elevata produttività e biodiversità (anche centinaia di specie forestali in ogni ha di superficie)
5. Molto vulnerabili alle alterazioni antropiche



FORESTE CADUCIFOGLIE TROPICALI

20

GIUNGLA

Alberi caducifogli nello strato superiore e sempreverdi sotto

Fascia tropicale

Clima più o meno arido

Fanerofite (piante spinose e succulente, baobab, acacie, euforbie)

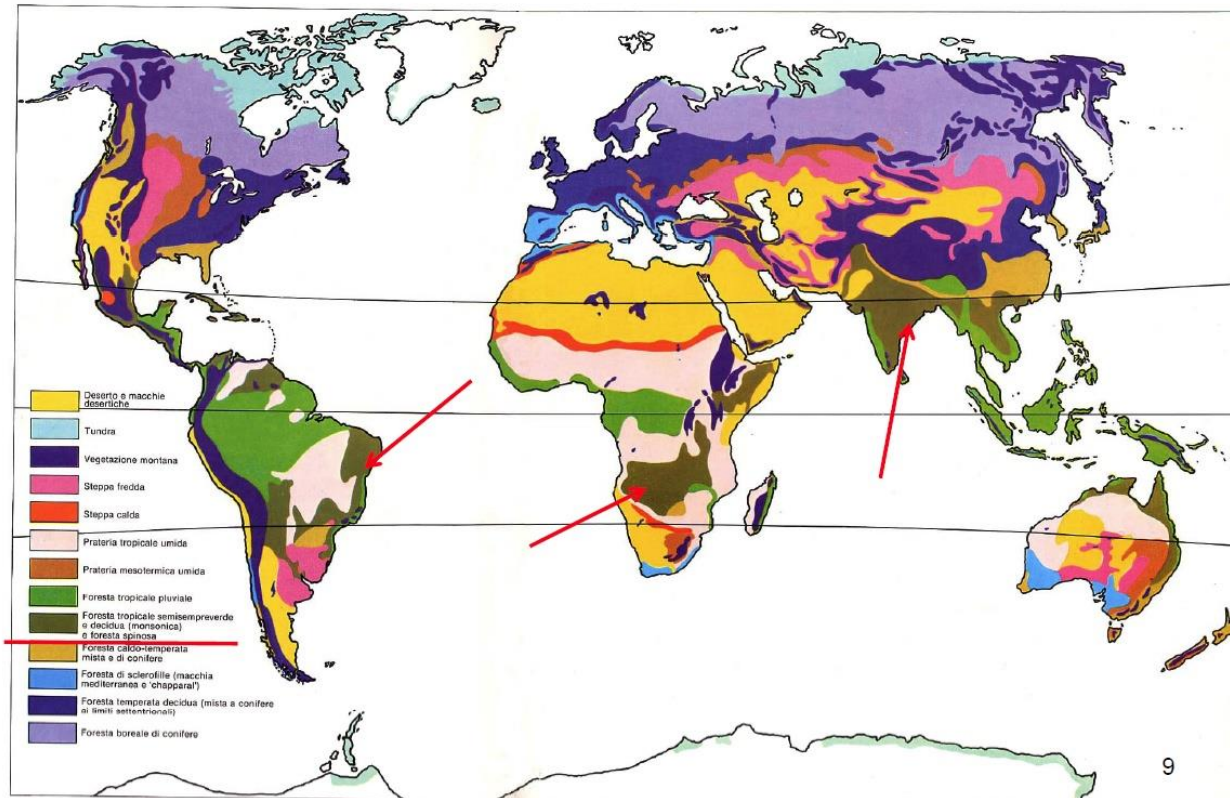


Foreste caducifoglie tropicali

21

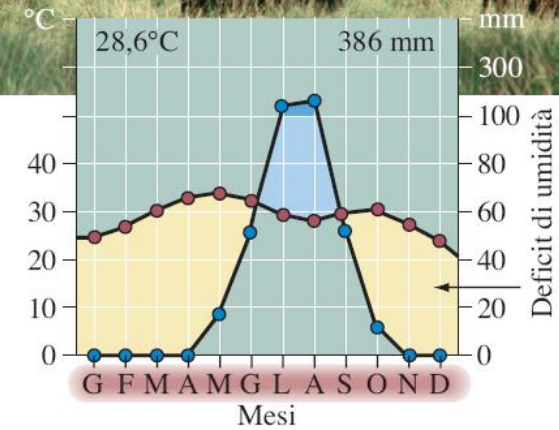
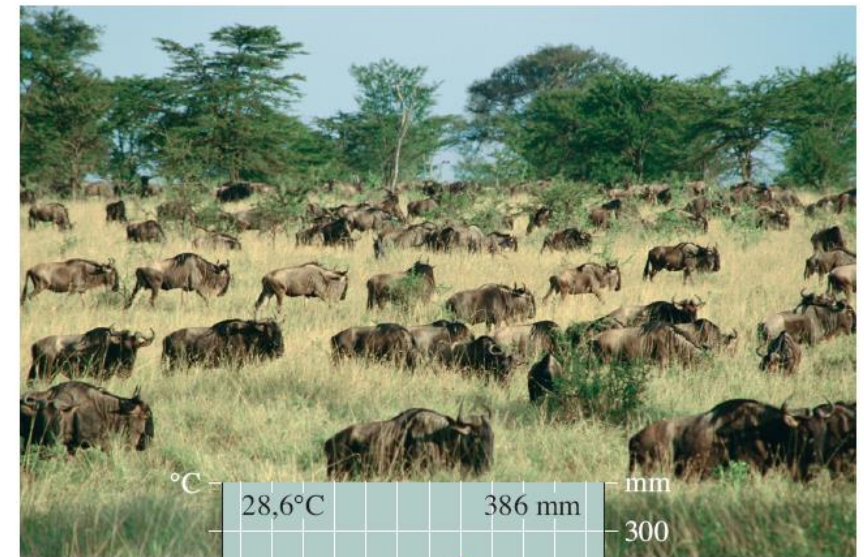
1. Localizzate tra 10 e 25° di latitudine (N e S)
2. Si differenziano stagioni secche e stagioni con abbondanti precipitazioni
3. La stagionalità é più accentuata rispetto alle foreste pluviali; differenziazioni locali (anche oltre 10000 mm anno-1 di precipitazioni nelle regioni monsoniche)
4. I suoli sono più ricchi rispetto alle foreste pluviali

ZONE DI VEGETAZIONE IN RAPPORTO AL BIOCLIMA (BIOMI)



Savane

1. Localizzate tra 10 e 20° di latitudine (N e S)
2. Caratterizzate da una stagione secca e da una stagione umida
3. Il fuoco é il maggiore fattore di di disturbo naturale
4. Precipitazioni stagionali (il totale può anche essere abbondante la distribuzione annua é molto irregolare)
5. Scarsità disponibilità acqua, suoli e fuoco impediscono la formazione di copertura forestale
6. Fauna molto abbondante (pascolatori e grandi predatori)

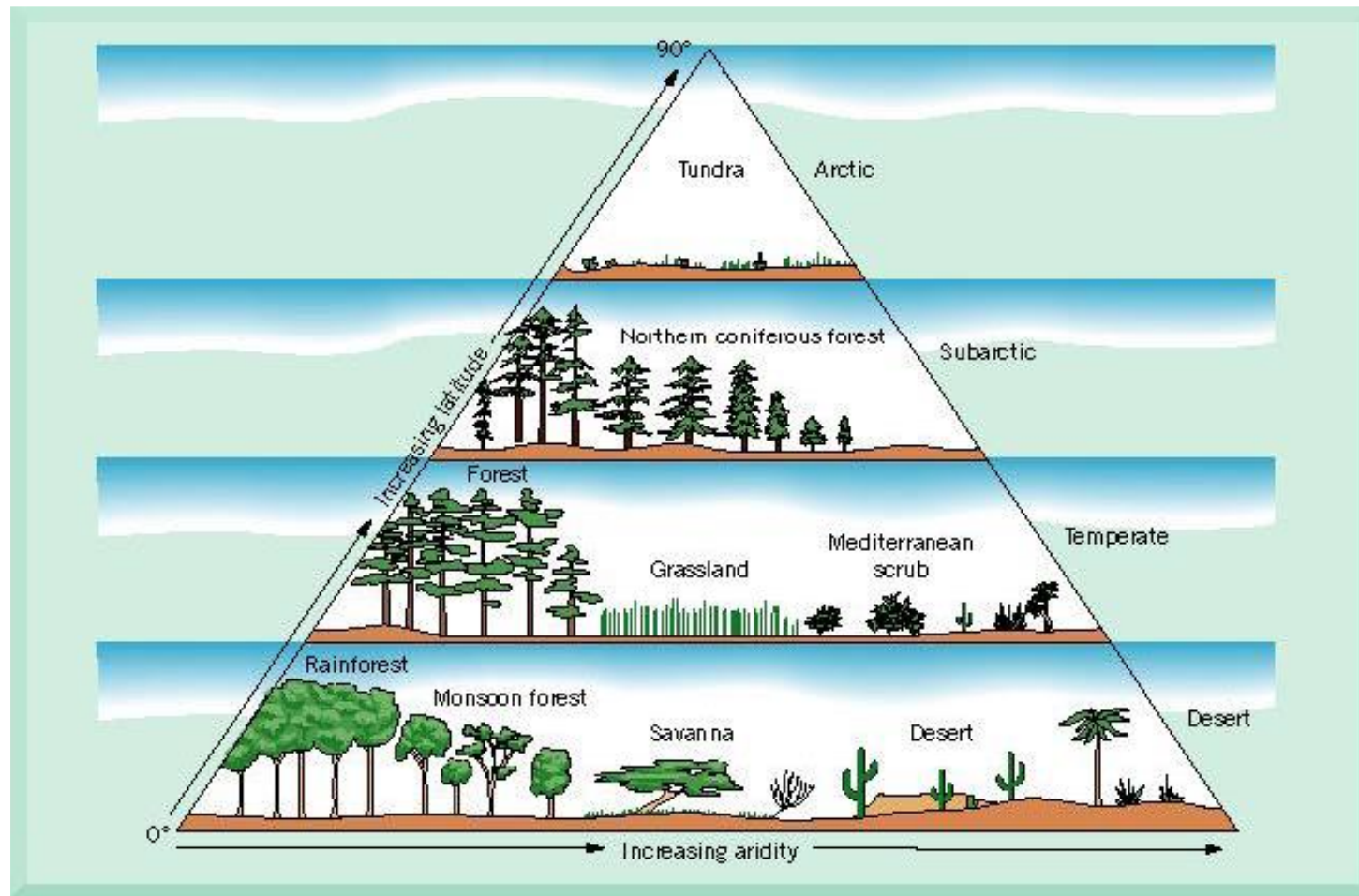


Affinità tra latitudine ed altitudine

23

Gradiente di temperatura di 0.55°C per ogni 100 m di quota (Temp. Media annua)

Un aumento di quota di 1 m corrisponde circa ad uno spostamento di 1 km verso nord

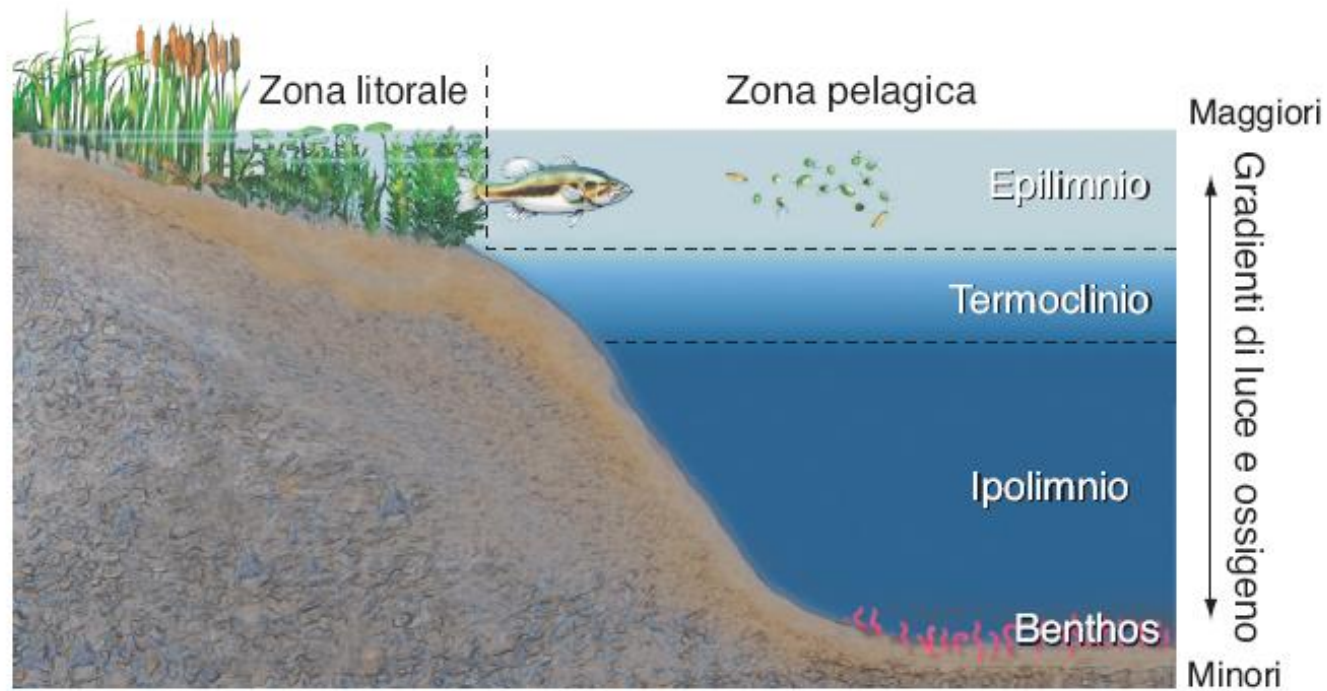


ECOSISTEMI D'ACQUA DOLCE

24

► Laghi

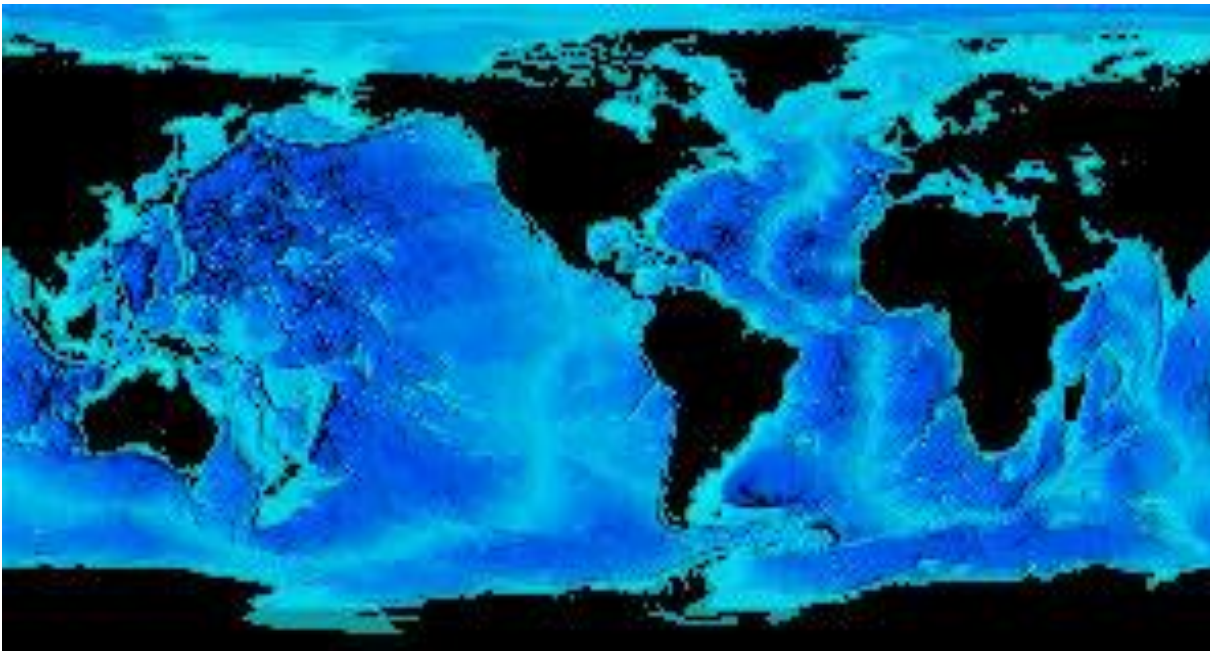
- La stratificazione verticale è un'importante caratteristica di molti ecosistemi acquatici.
- Gli organismi tendono a formare differenti sub-comunità distribuite lungo la verticale.
- Bentonica - Sub-comunità che vive in relazione con i fondali.
- Pelagica - nella colonna d'acqua
 - Epilimnio
 - Ipolimnio
 - Zona Bentonica
- **Termoclino** - Zona di transizione con elevato gradiente termico che separa le acque calde superficiali da quelle profonde più fredde.



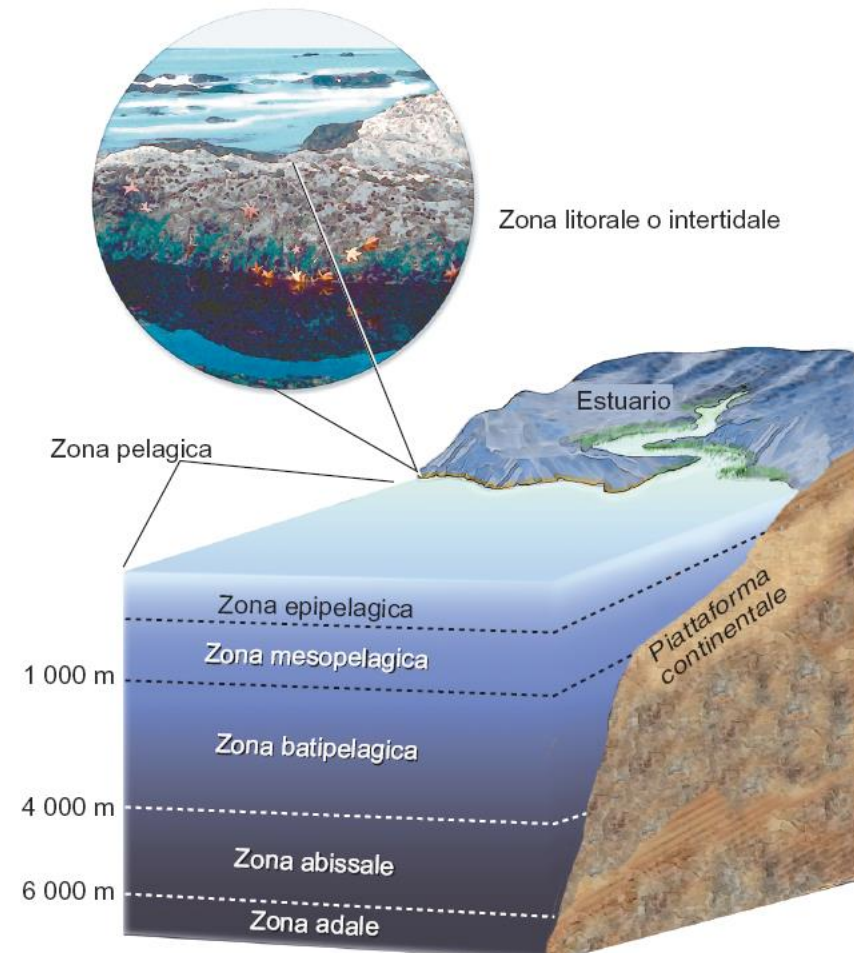
ECOSISTEMI MARINI

25

- ▶ Gli ecosistemi di acqua salata coprono un'area enormemente maggiore di quella di tutti gli ecosistemi di acqua dolce e racchiudono la maggior parte dell'acqua presente sulla terra.
 - ▶ Gli oceani racchiudono la maggior parte del mondo acquatico.
- ▶ Gli ecosistemi acquatici sono influenzati dalle caratteristiche locali del clima, del suolo e delle comunità residenti e dagli ecosistemi terrestri adiacenti.

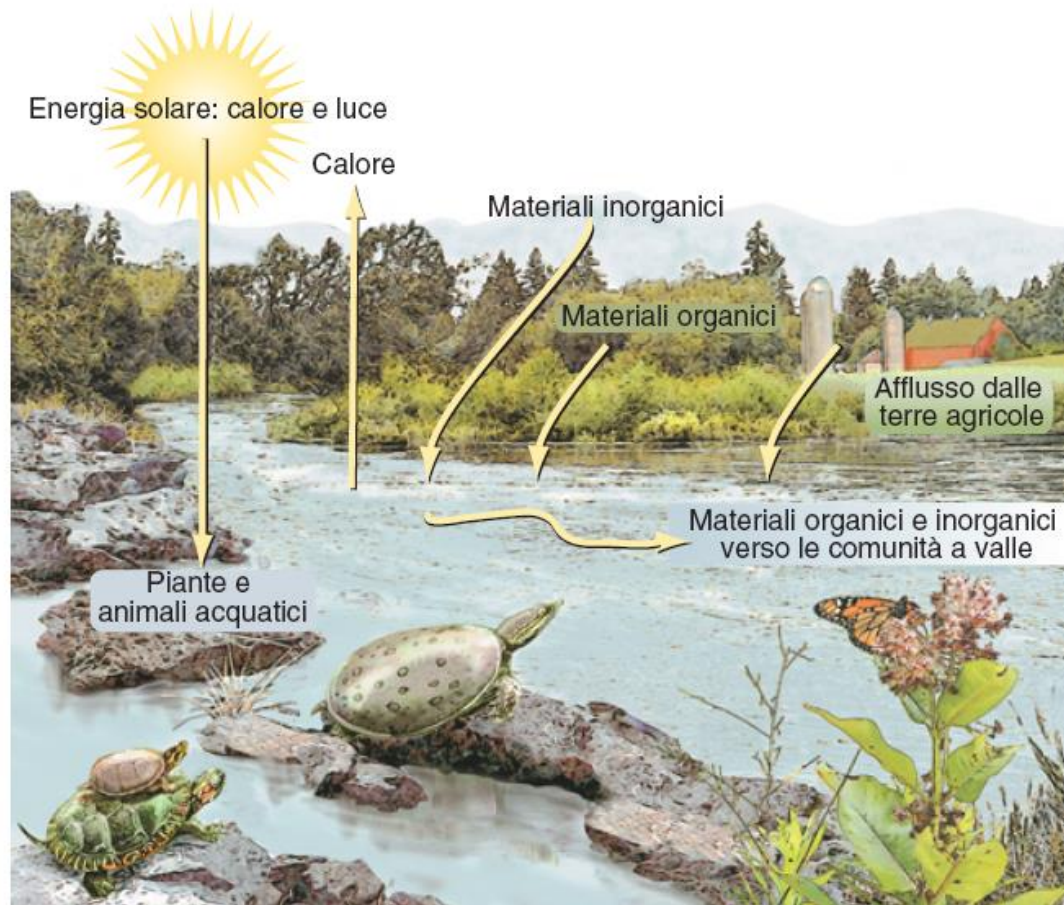


Il 71% della superficie terrestre è coperta dai mari.
Il volume totale dell'acqua dei mari è pari a 1,3 miliardi di km³
e rappresenta il 97% di tutta l'acqua presente sulla Terra



Zone umide

- ▶ Il suolo è saturo e ricoperto d'acqua almeno per una parte dell'anno.
 - ▶ **Paludi** - zone umide con alberi.
 - ▶ **Acquitrini** - zone umide senza alberi.
 - ▶ **Torbiere e stagni** - Suoli saturi d'acqua dove si accumula la torba.
- ▶ Profondità solitamente limitate che permettono la penetrazione della radiazione solare fino al fondo.
- ▶ Trappola e filtro per l'acqua, riduzione del ruscellamento.



- In base ad alcune stime, l’uomo utilizza circa il 40% della produzione primaria netta terrestre.
- Le foreste temperate decidue a latifoglie sono il bioma maggiormente dominato dall’uomo. Tundra e deserti artici sono quelli meno disturbati.
- Negli ultimi 250 anni la metà circa delle zone umide primordiali degli USA sono state degradate.

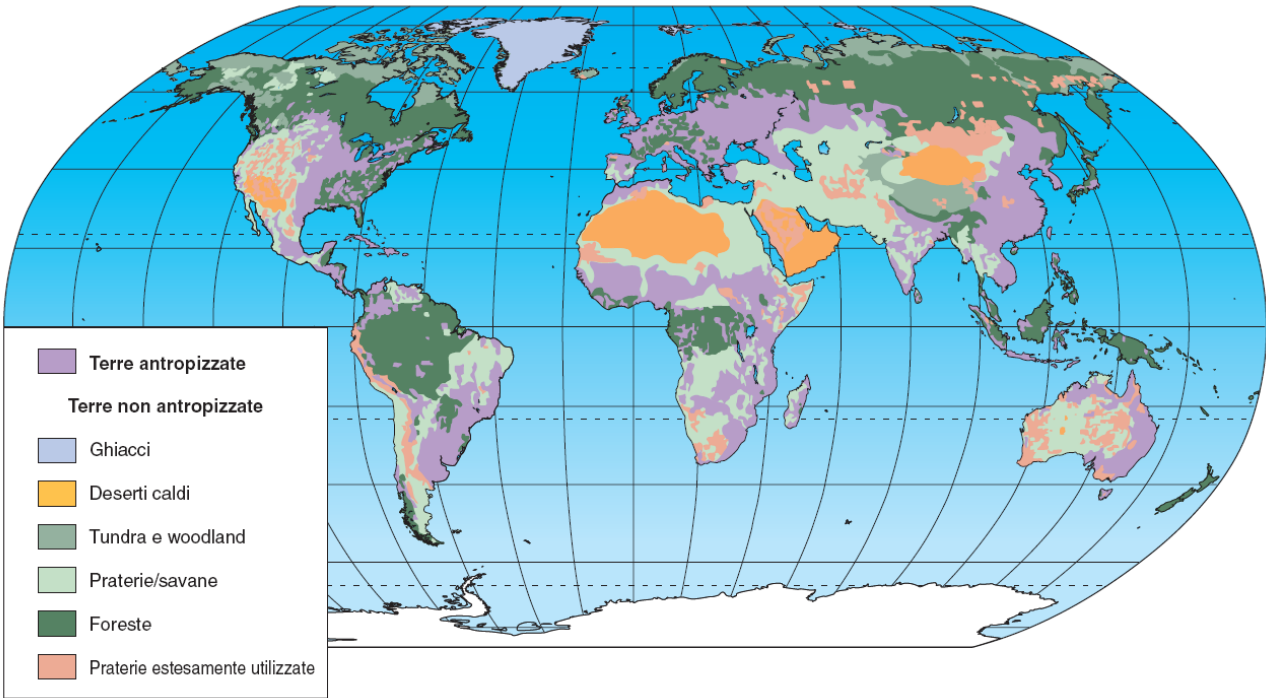


TABELLA 8.1 Impatto antropico

BIOMI	AREA TOTALE (10 ⁶ KM ²)	% HABITAT INDISTURBATO	% HABITAT ANTROPIZZATO
Foreste temperate di latifoglie	9.5	6.1	81.9
Vegetazione mediterranea e macchia arbustiva	6.6	6.4	67.8
Praterie temperate	12.1	27.6	40.4
Foreste pluviali temperate	4.2	33.0	46.1
Foreste aride tropicali	19.5	30.5	45.9
Sistemi misti di montagna	12.1	29.3	25.6
Sistemi misti di isole	3.2	46.6	41.8
Deserti freddi/semideserti	10.9	45.4	8.5
Deserti caldi/semideserti	29.2	55.8	12.2
Foreste tropicali umide	11.8	63.2	24.9
Praterie tropicali	4.8	74.0	4.7
Foreste temperate di conifere	18.8	81.7	11.8
Tundra e deserto artico	20.6	99.3	0.3

Nota: dove la somma di habitat indisturbato e antropizzato non è pari a 100, la differenza rappresenta aree parzialmente antropizzate.
Fonte: dati tratti da: Hannah, Lee et al., “Human Disturbance and Natural Habitat: a Biome Level Analysis of a Global Data Set,” in *Biodiversity and Conservation*, 1995, vol. 4: 128-155.

River continuum concept

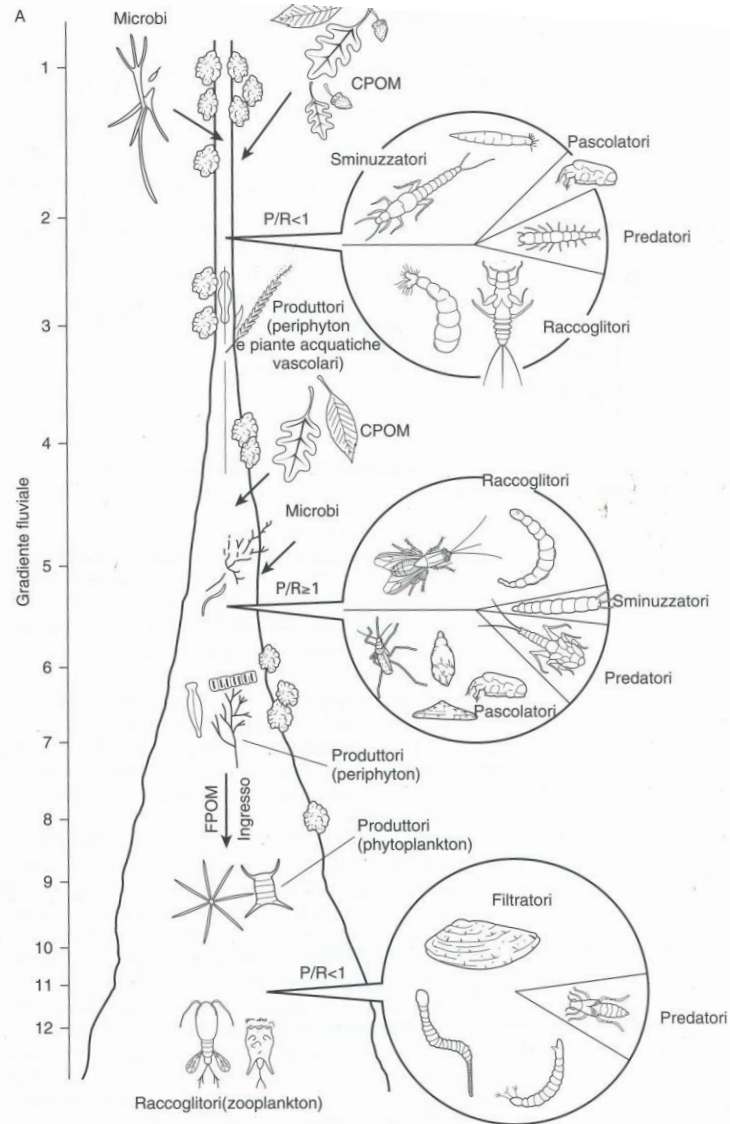


Figura 4-9. (A) Schema del *continuum* fluviale, illustrante l'ordine presente nel fiume, gli organismi divisi secondo la loro tipologia alimentare e le variazioni nella materia particolata. CPOM: Materia organica particolata grossolana; FPOM = materia organica particolata fine (da Cummins, 1977). (B) Modello del *continuum* fluviale che illustra le variazioni nel metabolismo delle comunità (rapporto P/R), la diversità e la grandezza delle particelle dalle sorgenti sino alla zona ampia del fiume (da Vanote *et al.* 1980).

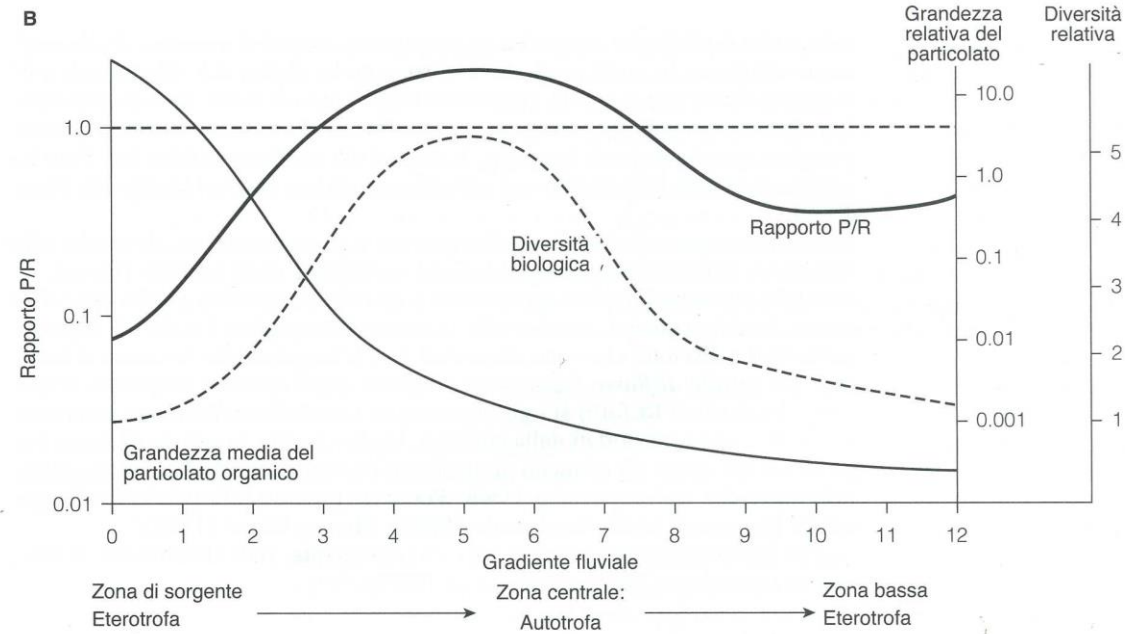
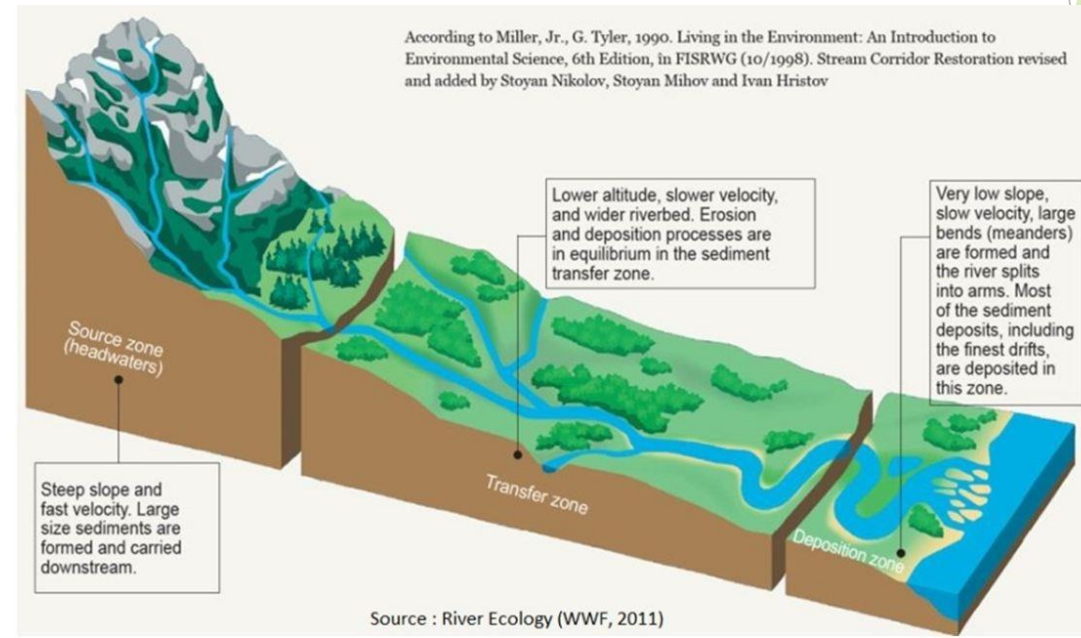


Figura 4-9. (continua).



Il suolo

Rizosfera: aggregazione di microbi attorno a radici, escrementi, chiazze di materia organica e secrezioni mucose nei canali capillari presenti nei pori del suolo



Orizzonti del suolo

A - corpi di piante e animali che si stanno modificando in materiale organico per mezzo del processo della umificazione:

A-0 lettiera

A-1 humus

A-2 zona di percolamento

B - componente minerale in cui i composti organici sono stati trasformati dai decompositori in composti organici (mineralizzazione)

C - depositi parentali (alluvionale, glaciale, etc)

Figura 5-6. Schemi semplificati di tre tipi di suolo importanti che sono caratteristici di tre biomi principali (foreste decidue, foreste di conifere e praterie).

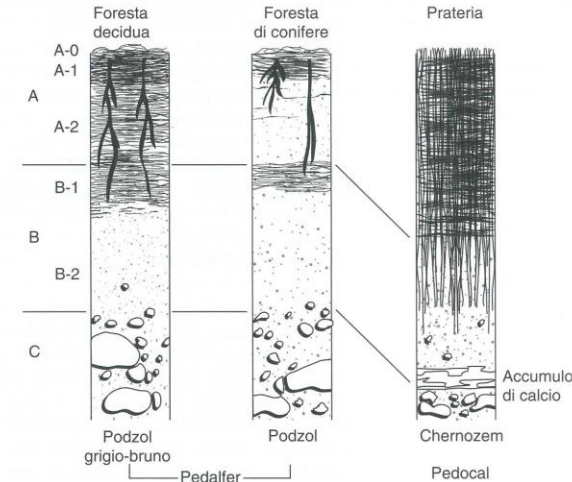
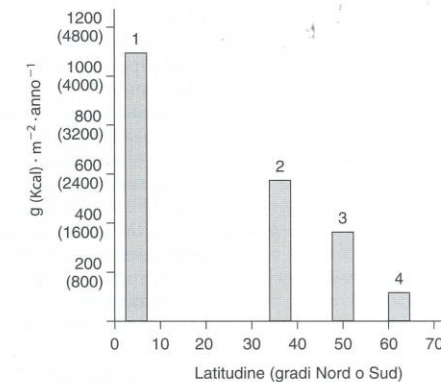


Figura 5-7. Formazione annuale di lettiera nelle foreste in relazione alla latitudine. (1) foreste equatoriali; (2) foreste temperato-calde; (3) foreste temperato-fredde, (4) foreste artico-alpine (secondo Bray e Gorham 1964).



Il profilo del suolo e lo spessore relativo degli orizzonti sono in genere caratteristici per diverse zone climatiche e per diverse situazioni topografiche (Fig. 5-6). Quindi il suolo delle praterie è diverso da quello delle foreste in quanto l'umificazione è rapida, ma la mineralizzazione è lenta. Poiché l'intera pianta erbacea, comprese le radici, ha un breve ciclo vitale, la sua crescita annuale apporta grandi quantità di materiale organico che viene rapidamente decomposto lasciando poca lettiera o strato pastoso ma elevate quantità di humus. Nella foresta, lettiera e radici, si decompongono lentamente e poiché la mineralizzazione è rapida, lo strato di humus è poco spesso. Il contenuto di humus del suolo delle praterie, per esempio, può essere anche di 600 tonnellate per acre, rispetto alle 50 tonnellate per acre del suolo delle foreste (Dauhenmire, 1974). In un ecotono tra foresta e prateria dell'Illinois, si può facilmente vedere dal colore del terreno, quale campo di grano era una volta prateria e quale era foresta. Il suolo della prateria è molto più scuro a causa dell'elevato contenuto in humus. Non è un caso che i "granai del mondo" sono situati nelle zone di prateria dove è presente una adeguata piovosità.

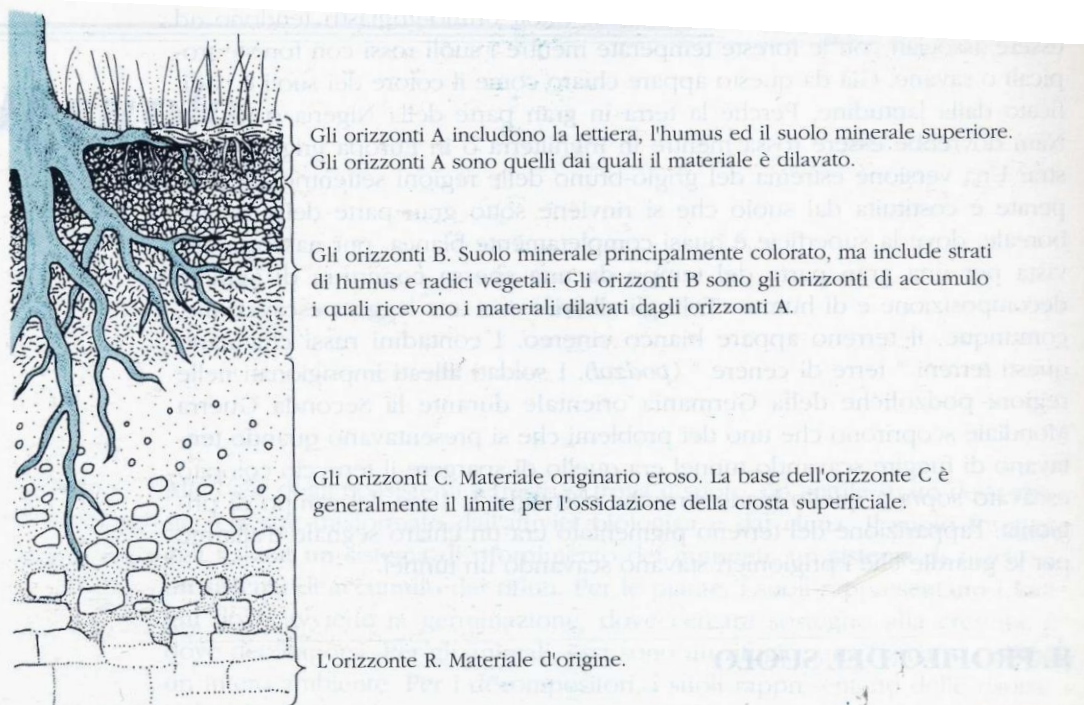


FIGURA 25.1
Un idealizzato profilo di un suolo.

Le separazioni tra gli orizzonti sono funzionali: il materiale è rimosso dagli orizzonti A, il materiale è aggiunto agli orizzonti B, le erosioni ossidative arricchiscono gli orizzonti C e l'orizzonte R è il materiale originario inalterato (vedi Figura 25.2 per maggiori dettagli).

La lettiera organica depositata sul suolo e non sui suoli che si sviluppano dalle erbe.

Gli orizzonti di massima attività biologica e di eluviazione (rimozione dei materiali disciolti o sospesi in acqua, o entrambi).

Gli orizzonti di illuviazione (di accumulo del materiale sospeso dall'orizzonte A) o di massimo accumulo di argilla, o di una forte struttura, o entrambe.

Materiale originario eroso; ossidato.

Materiale originario non eroso; non ossidato, non lisciviato, inalterato.

A ₀₀	Foglie sparse e detrito organico, largamente indecomposto.
A ₀	Detrito organico, parzialmente decomposto o sfibrato, generalmente irriconoscibile.
A ₁	Orizzonte scuro, ricco in materia organica.
A ₂	Orizzonte chiaro di massima lisciviazione; argilla, Fe o Al sono dilavati, il quarzo è concentrato; prominente soltanto in suoli podsolici.
A ₃	Transizionale, verso l'orizzonte B, ma più simile ad A che a B; qualche volta assente.
B ¹	Transizionale, verso l'orizzonte A, ma più simile a B che ad A; qualche volta assente.
B ₂	Usualmente un orizzonte colorato più scuro, di massimo accumulo di minerali silico-argillosi e di ossidi ferrosi, ricoperti anche di ossidi di Fe, Mn ed Al che colorano di un colore più scuro e più rosso le particelle.
B ₃	Transizionale, verso l'orizzonte C, qualche volta assente, può avere depositi carbonatici.
C	Usualmente completamente ossidati, in alcuni suoli contenenti carbonati primari, può contenere precipitati di CaCO ₃ (Orizzonte Cca) o CaSO ₄ specialmente in climi semiaridi ed aridi.
R	Roccia, ghiaia, sabbia, argilla o altro materiale.

FIGURA 25.2
Ipotetico profilo del suolo come mostrato nei manuali statunitensi di riconoscimento del suolo.

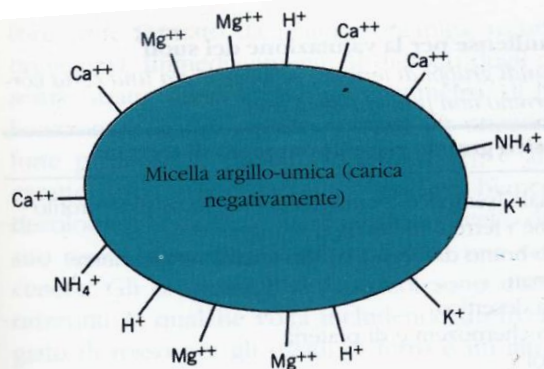
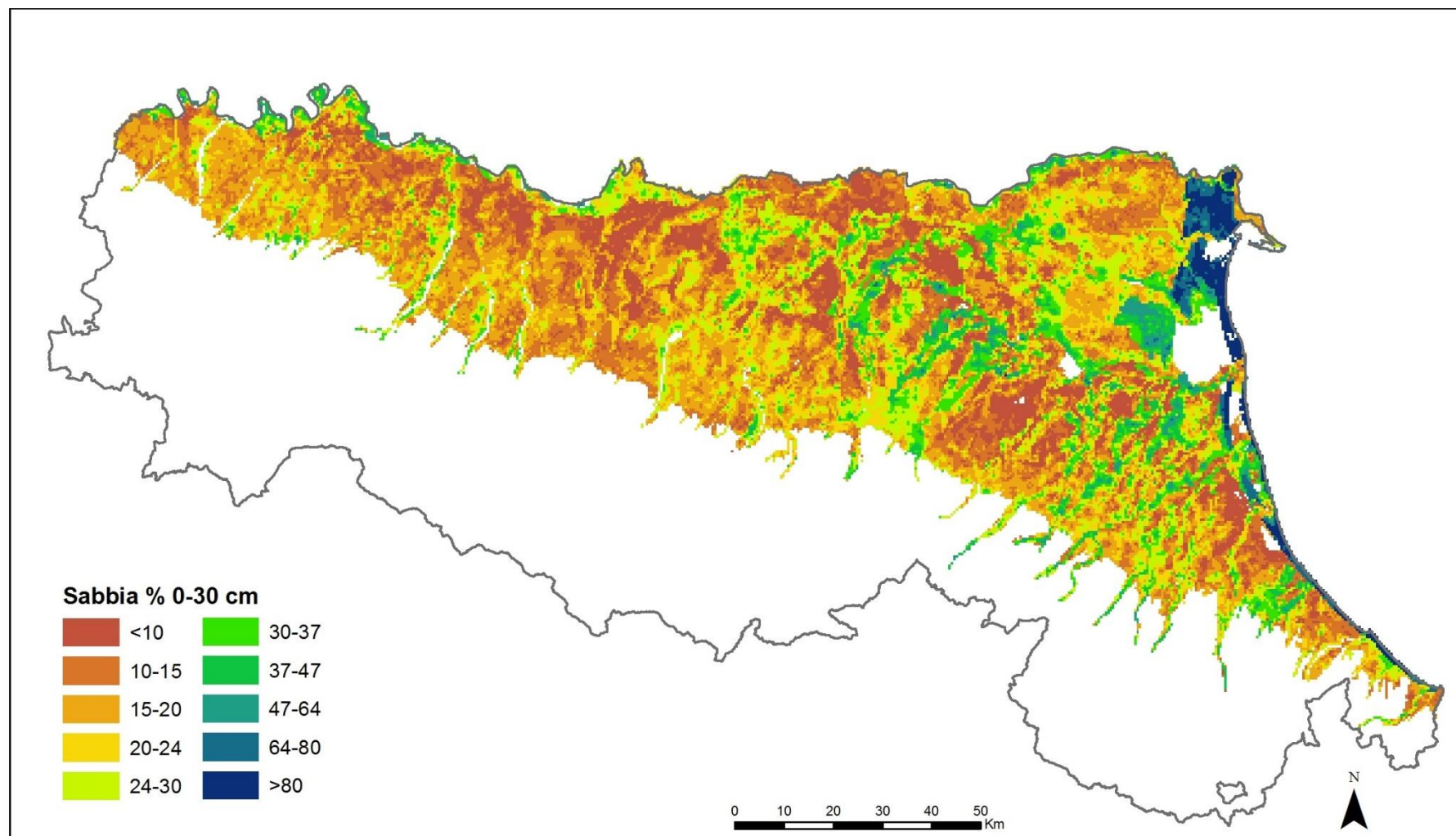


FIGURA 25.4
Una micella argillo-humus.

I complessi di frammenti di lattice argilloso e sostanze umiche con una carica netta negativa si trovano nel suolo. A basso pH le cariche saranno neutralizzate dai protoni (H^+) ma questi possono essere catturati dai cationi. Ioni bivalenti come il Ca^{++} ed il Mg^{++} si legano fortemente alle micelle, fornendo ai terreni il potere per trattenere i nutrienti.



Distribuzione dei principali tipi di suolo nel mondo e negli Stati Uniti

<i>Tipo di suolo</i>	<i>Percentuale nel mondo</i>	<i>Percentuale negli Stati Uniti</i>
Aridisol (suoli desertici)	19.2	11.5
Inceptisol (suoli poco sviluppati)	15.8	18.2
Alfisol (suoli di foresta moderatamente superficiali)	14.7	13.4
Entisol (suoli di recente formazione con profilo non sviluppato)	12.5	7.9
Oxisol (suoli tropicali)	9.2	<0.1
Mollisol (suoli a prateria)	9.0	24.6
Ultisol (suoli di foresta molto superficiali)	8.5	12.9
Spodosol (suoli di foreste di conifere settentrionali)	5.4	5.1
Vertisol (suoli argillosi espandibili)	2.11.0	
Histosol (suoli organici)	0.8	0.5
Suoli misti (per esempio di montagne con profilo ripido)	2.8	4.9
Totale	100.0	100.0

Fonte: secondo E. P. Odum 1997.

(Spodosol è anche detto Podzol)

Un ulteriore tipo di suolo

Antrosol: suolo urbano creato dall'uomo

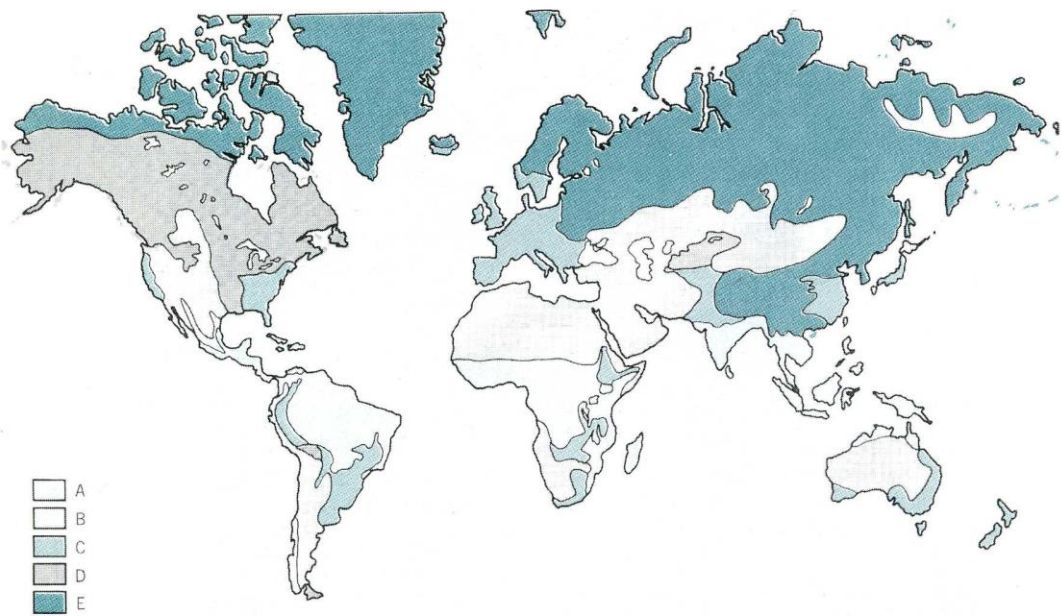


FIGURA 7.9
Climatologia mappata secondo il sistema di Köppen.

Köppen sviluppò l'ipotesi relativa alla dipendenza tra vegetazione e clima. Lavorando nel tardo XIX secolo quando ben pochi dati climatologici erano disponibili egli indicò la distribuzione dei tipi di vegetazione e chiamò il risultato "mappa del clima". La sua mappa del clima era in realtà una mappa dei vari tipi di formazioni vegali, che ora noi chiamiamo "biomi". Il fatto che un'utile mappa del clima poteva essere prodotta in quel modo dimostrò che i confini dei vari tipi di vegetazione erano determinati dal clima

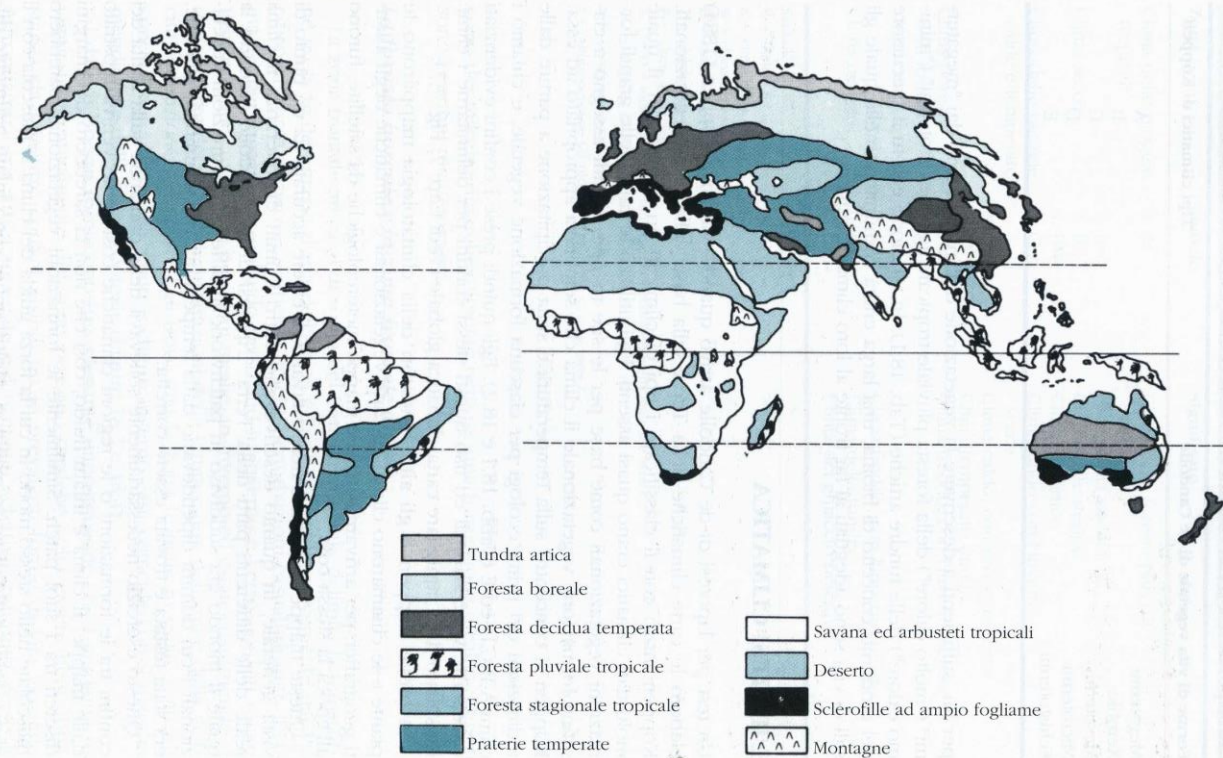


FIGURA 18.1
Formazioni e biomi principali del mondo.
(Da Cox e Moore, 1980).

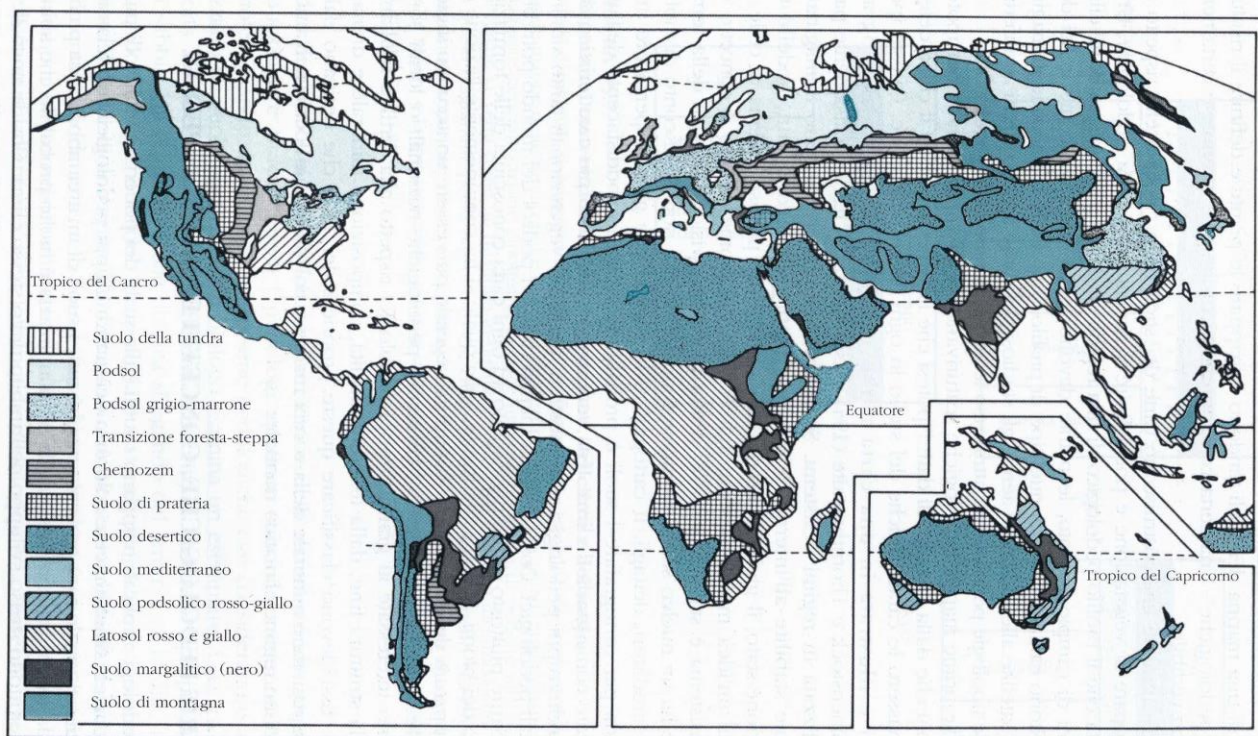


FIGURA 25.6
La mappa dei suoli del mondo (Basata su Bridges, 1978)

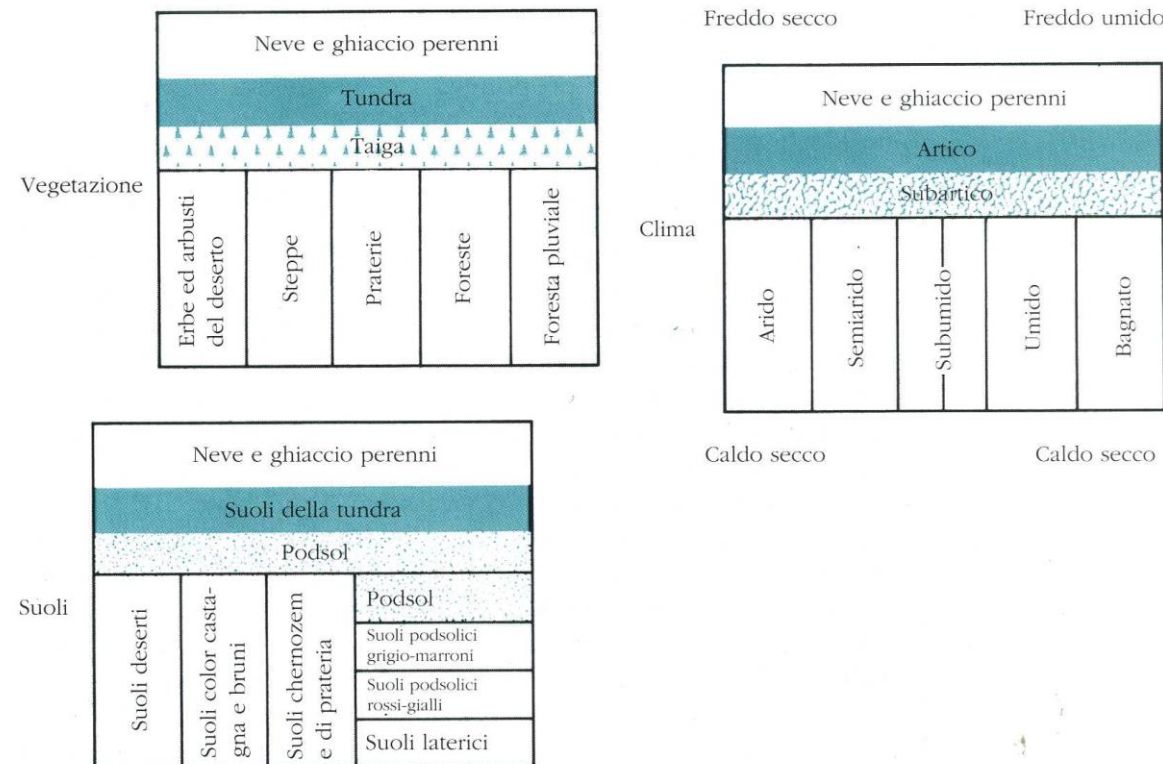


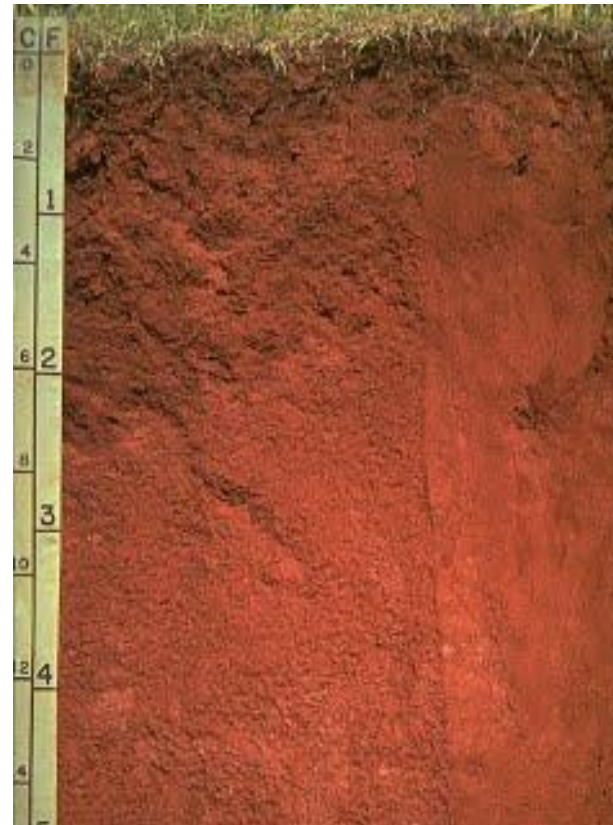
FIGURA 25.7
Diagrammi convenzionali della vegetazione, del clima e del suolo.

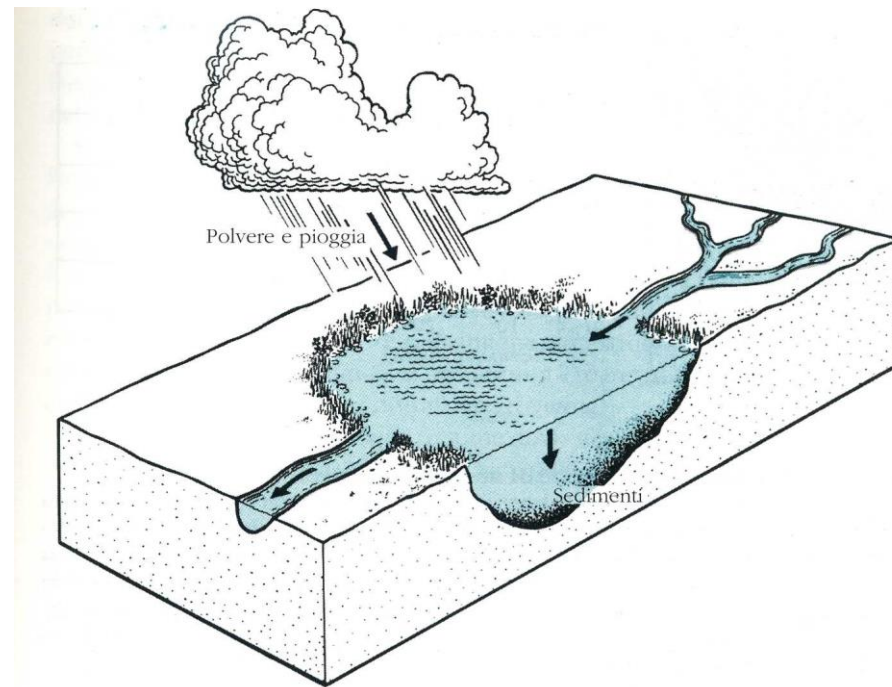
Questi diagrammi riassumono l'ipotesi che le formazioni cartografabili producono le mappe del clima e che le mappe delle formazioni e dei climi producono le carte dei grandi raggruppamenti di suolo. Con una maggiore generalizzazione l'ipotesi ci fornisce un comodo modo di pensare alla Terra. È un bene poter disegnare la Terra come un quadrato in quanto ne accentua la nostra idealizzazione. Tra i confini mostrati in questi diagrammi, pochi possono essere effettivamente trovati sul terreno. (La taiga, la quale appare nel diagramma superiore, descrive la cintura di una foresta più o meno aperta che comunemente è collocata tra la tundra e la foresta boreale; molti la includerebbero nel termine "foresta boreale" quando se ne parla in termini molto generali).

Podzol: grigio/bruno, silicati accumulati, composti Al e Fe dilavati
Oxisol: rossastri, silicati dilavati, sesquiossidi di Al e Fe accumulati

Ipotesi:

- pH
- Sostanze umiche





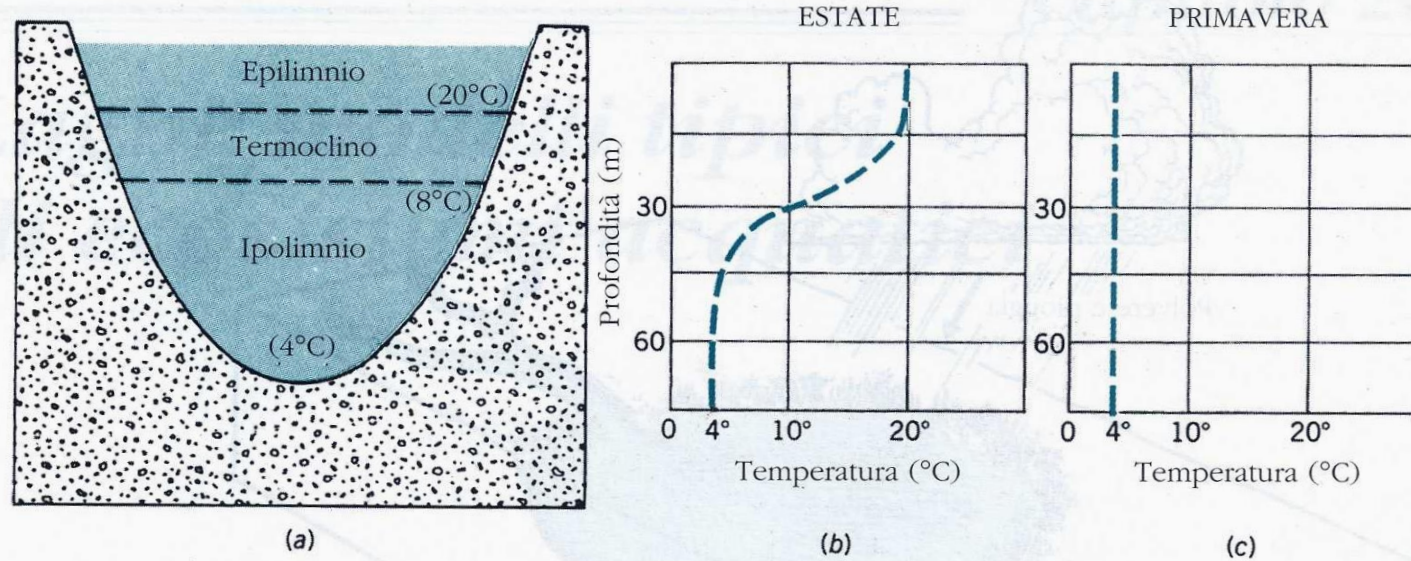
Un lago come flusso nel sistema.

L'ingresso di sostanze dissolte dall'atmosfera o dal bacino di drenaggio tenderà ad essere bilanciato dalle uscite sia attraverso emissari sia verso il fango di fondo.

Densità dell'acqua in funzione della temperatura.

L'acqua ha la massima densità a 4°C. Il maggiore dislivello termico si osserva tra acque fredde e ghiaccio, ma il gradiente è anche relativamente alto per temperature più calde come quelle dei laghi tropicali. (Hutchinson, 1957).

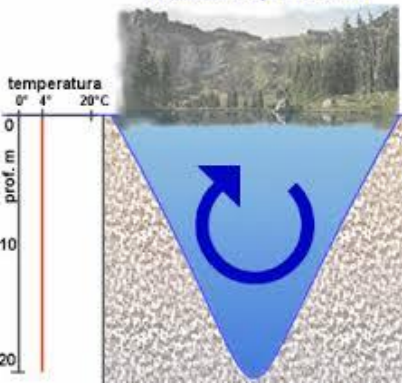
	°C	Densità
Ghiaccio	0	0,9168
Acqua	0	0,9999
Acqua	4	1,0000
Acqua	7	0,9999
Acqua	10	0,9997
Acqua	15	0,9991
Acqua	20	0,9982
Acqua	25	0,9971
Acqua	30	0,9957



Stratificazione termica delle latitudini temperate di un lago in estate.

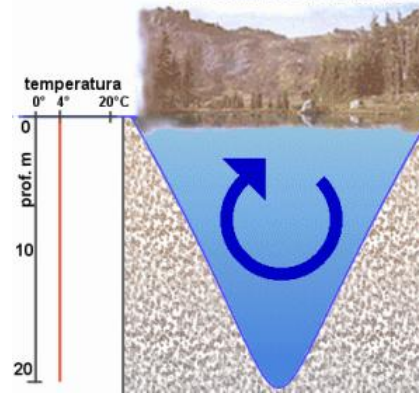
(a) Sezione trasversale di un lago stratificato. Un caldo epilimnio galleggia su acqua fredda dell'ipolimnio sottostante, ed i due strati sono separati dal termoclino, caratterizzato dal rapido cambiamento della temperatura. (b) Profilo termico del profundissimo lago Seneca a New York in agosto, disegnato con la stessa scala usata in (a). L'effetto pratico di questa stratificazione è l'isolamento dell'acqua profonda dall'atmosfera finché il raffreddamento autunnale ed il vento attivano il rimescolamento delle acque. Nella primavera successiva accadrà che in un certo momento la temperatura sarà di 4°C a tutte le profondità, come in (c). (I dati per il lago Seneca sono di Birge e Juday in Ruttner, 1963).

circolazione primaverile



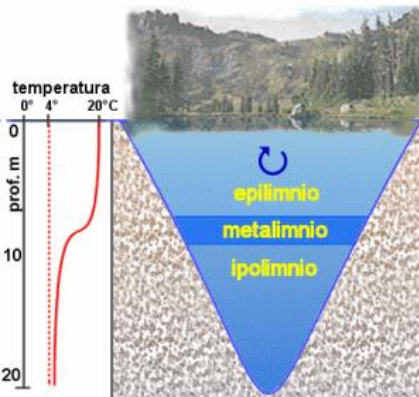
Le acque di un ipotetico lago della regione temperata alla fine della stagione invernale presentano a tutte le profondità una uguale temperatura di circa 4°C. L'azione del vento può facilmente provocare un rimescolamento delle acque più superficiali, a contatto con l'atmosfera e quindi contenenti abbondante ossigeno disciolto, con quelle sottostanti. La **circolazione primaverile** che così si instaura ricarica di ossigeno l'intera colonna d'acqua

circolazione autunnale



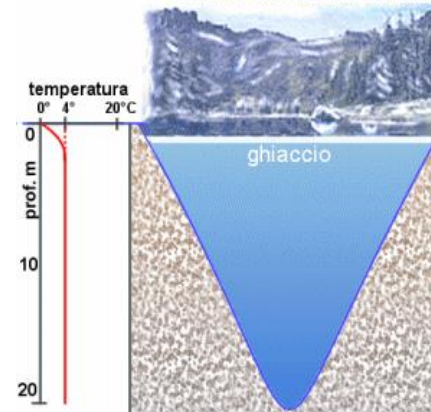
In autunno l'acqua superficiale si raffredda, diventa più densa e scende verso il fondo. Con essa si abbassa anche lo strato, sempre più sottile, in cui avviene il salto di temperatura, il metalimnion. Come già in primavera, per azione del vento il rimescolamento delle acque si intensifica ed esita, infine, in una circolazione completa (**circolazione autunnale**). Il corpo d'acqua si trova ora a circa 4 °C con l'ossigeno disciolto uniformemente distribuito

stratificazione estiva



Nella stagione calda si avrà uno strato superficiale caldo (**epilimnion**) separato dalle acque profonde uniformemente fredde (**ipolimnion**) da uno strato di passaggio (**metalimnion**), caratterizzato da un rapido abbassamento della temperatura con il crescere della profondità. In questa situazione di **stratificazione estiva** lo scambio di ossigeno tra le acque superficiali e quelle profonde è quasi nullo. Addirittura, se il lago è molto produttivo l'ossidazione microbica della sostanza organica può consumare completamente l'ossigeno disciolto nelle acque ipolimnetiche arrivando a determinare una situazione di **anossia**, ovviamente incompatibile con la vita degli organismi acquatici

stratificazione invernale



In inverno la densità dell'acqua diminuisce per un ulteriore raffreddamento. L'anomalia della densità dell'acqua comporta una instabile stratificazione termica inversa, con uno strato superficiale più freddo sopra uno strato più profondo di acqua a 4 °C. Il ghiaccio, quando arriva a formarsi, copre la superficie del lago poiché la sua densità a 0°C è solo i 9/10 di quella dell'acqua. Il ghiaccio può rendere stabile la stratificazione termica inversa e si produce così la **stratificazione invernale**.

Un lago che, come quello appena descritto, circola due volte l'anno si dice **dimittico**

Il ciclo termico di un lago è influenzato da fattori climatici (piovosità e ventosità) e morfologici (profondità e forma del bacino lacustre) ma dipende principalmente dalla latitudine e dall'altitudine che influenzano direttamente la quantità e l'intensità della radiazione solare, cioè la sorgente di energia termica. A seconda del loro ciclo termico i laghi si possono classificare come:

1) di **tipo polare**, nei quali la superficie è costantemente gelata e la massa d'acqua sottostante ha sempre una temperatura inferiore ai 4°C . In essi non si verifica mai la piena circolazione; perciò questi laghi molto particolari sono detti **amittici**.

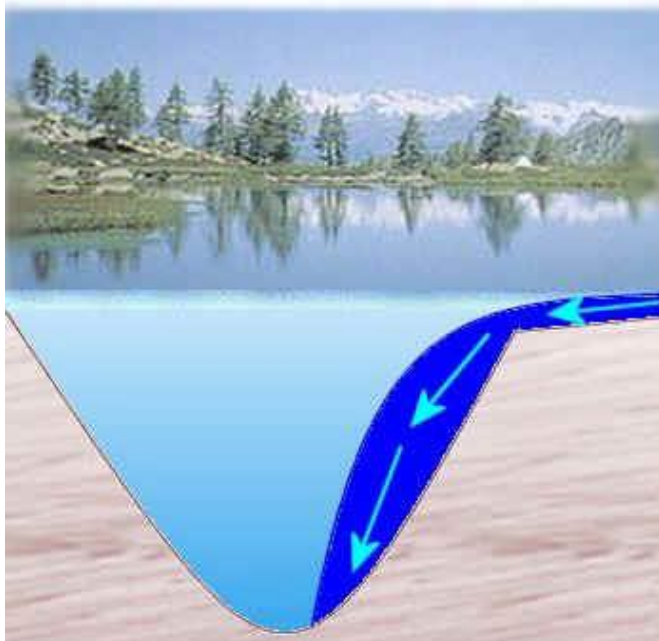
2) di **tipo sub-polare**, che presentano la superficie libera dai ghiacci solo per un breve periodo estivo, quando la loro temperatura superficiale supera i 4°C . Questi laghi hanno un solo periodo di isotermità e quindi un'unica piena circolazione (**laghi monomittici**). A questa categoria di ambienti appartengono la gran parte dei nostri laghi alpini d'alta quota.

3) di **tipo temperato**, con temperatura superficiale inferiore a 4°C in inverno, anche se possono non gelare, e superiore a 4°C in estate. Sono laghi che hanno un ciclo termico come quello illustrato sopra; poiché hanno due periodi di isotermità e quindi due piene circolazioni l'anno sono **laghi dimittici**.

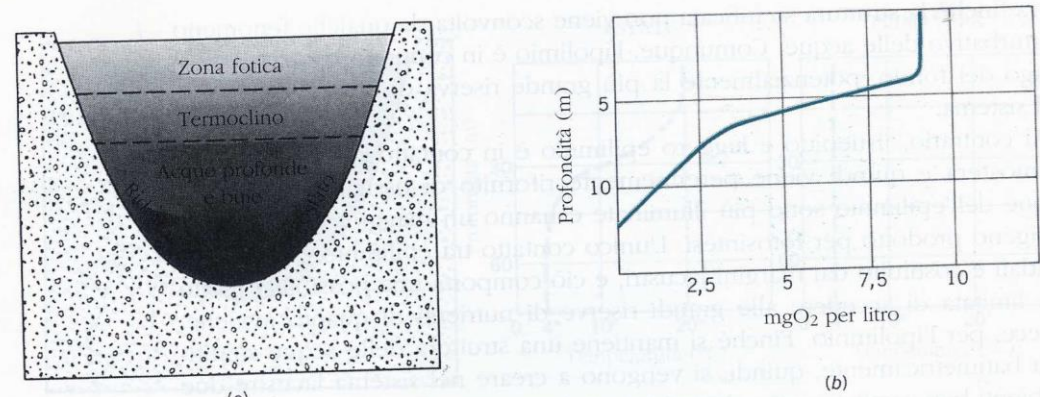
4) di **tipo sub-tropicale**. Questa categoria include anche i laghi della regione mediterranea, nei quali la temperatura è sempre superiore, anche negli strati profondi, a 4°C . In essi si verifica annualmente un solo periodo di isotermità (fine inverno) e quindi una sola piena circolazione (**laghi monomittici**). A questo gruppo appartengono i grandi laghi subalpini, in alcuni dei quali però la piena circolazione non si verifica tutti gli anni. A questa categoria (**laghi oligomittici**) appartiene per esempio il Lago Maggiore

5) di **tipo tropicale**. Sono i laghi delle regioni calde con temperatura sempre superiore a 4°C in tutta la massa d'acqua. In questi laghi le differenze di temperatura tra strati superficiali e profondi sono minime durante tutto l'anno (**laghi anisomittici**).

Oltre ai tipi di lago sopra illustrati, che si chiamano **olomittici** perché quando raggiungono l'omeotermia circolano completamente, ci sono anche i laghi **meromittici**, nei quali l'acqua di fondo non si mescola mai con l'acqua degli strati superficiali. Questo succede in laghi ove, per accumulo di soluti, l'acqua di fondo acquista una densità superiore a quella imputabile alla sua temperatura.

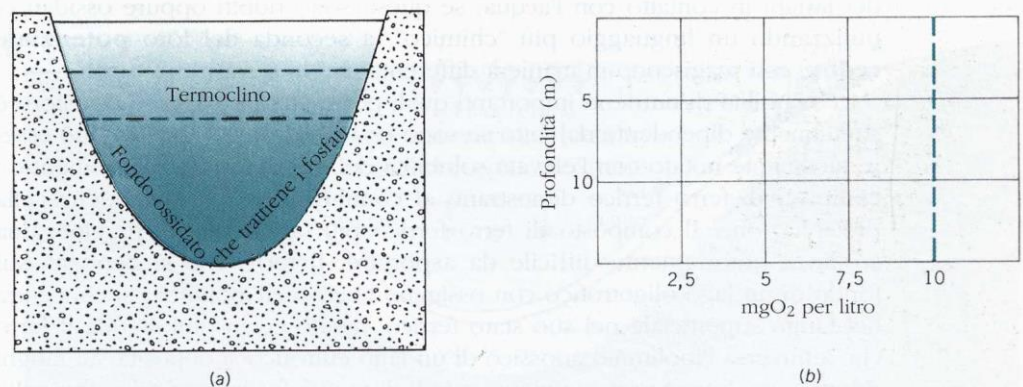


L'ipolimnion si può ricaricare di ossigeno anche in assenza di piena circolazione per l'intrusione verso il fondo del lago di acque fluviali, generalmente più fredde delle acque lacustri e ricche di ossigeno



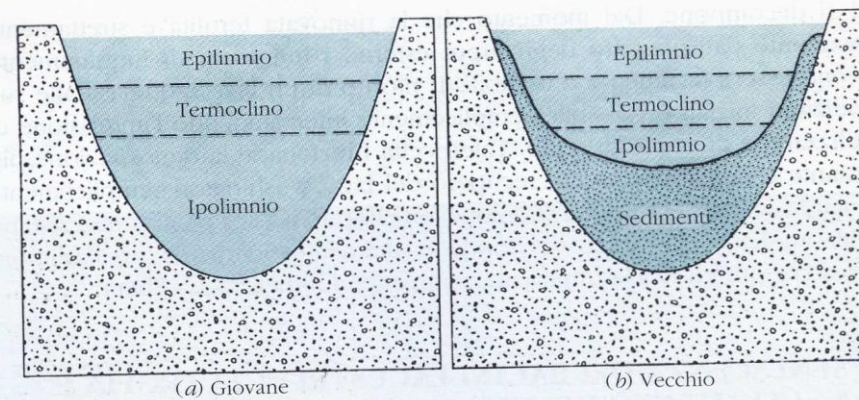
Profili della penetrazione di luce e dell'ossigeno in un lago fertile (eutrofizzato) stratificato durante l'estate.

(a) La sezione trasversale mostra che la luce è quasi completamente assorbita dal plancton presente nei primi metri d'acqua così poca luce penetra il termoclino al punto di servire alla fotosintesi. Ma c'è anche una pioggia di detriti verso le acque profonde e così altro ossigeno viene richiesto. Dato che l'acqua profonda è tagliata fuori dal contatto con l'aria fino al rimescolamento autunnale, si svilupperà un forte deficit di ossigeno in profondità fino a portare alla riduzione i sedimenti di fondo. Un profilo della distribuzione dell'ossigeno in un lago con queste caratteristiche è mostrato in (b).



Profili dell'illuminazione e dell'ossigeno in un lago stratificato non fertile (oligotrofico) durante l'estate.

La stratificazione in un lago poco fertile durante l'estate, causa l'isolamento delle acque più profonde dall'aria atmosferica, ma la scarsa quantità di plancton nelle acque libere superficiali consente alla luce di penetrare anche in profondità con conseguente attività fotosintetica e sviluppo di ossigeno anche nell'ipolimnio. Inoltre anche la richiesta di ossigeno è bassa nelle acque profonde, dato che poco detrito cade sul fondo per essere decomposto. (a) Sezione trasversale di un lago non fertile; (b) ipotetico profilo della concentrazione di ossigeno.



Effetto dell'invecchiamento in un lago fertile.

Il lago giovane a sinistra (a) è infertile (oligotrofico) e trattiene ossigeno nelle acque profonde anche d'estate. Il diagramma a destra (b) è lo stesso lago rappresentato in un momento successivo quando il riempimento è in fase avanzata. Il termoclino rimane alla stessa profondità e l'epilimnio non risulta alterato. Ma l'ipolimnio è ormai una vestige di ciò che era prima. La riserva di ossigeno potrebbe essere ora troppo piccola per sostenere una decomposizione come nella situazione gioventù, e le acque diventano anossiche. Dalle misure di ossigeno nelle acque di fondo, quindi, un lago oligotrofico diviene eutrofico con l'età.



Lago Erie nel 2019