



# Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale

5° Corso teorico-pratico di formazione

La Fauna Ittica dei Corsi d'Acqua

Metodi di campionamento ed analisi per la valutazione della qualità e la tutela delle risorse idriche

Castelnuovo Garfagnana (LU), 22-25 settembre 2009

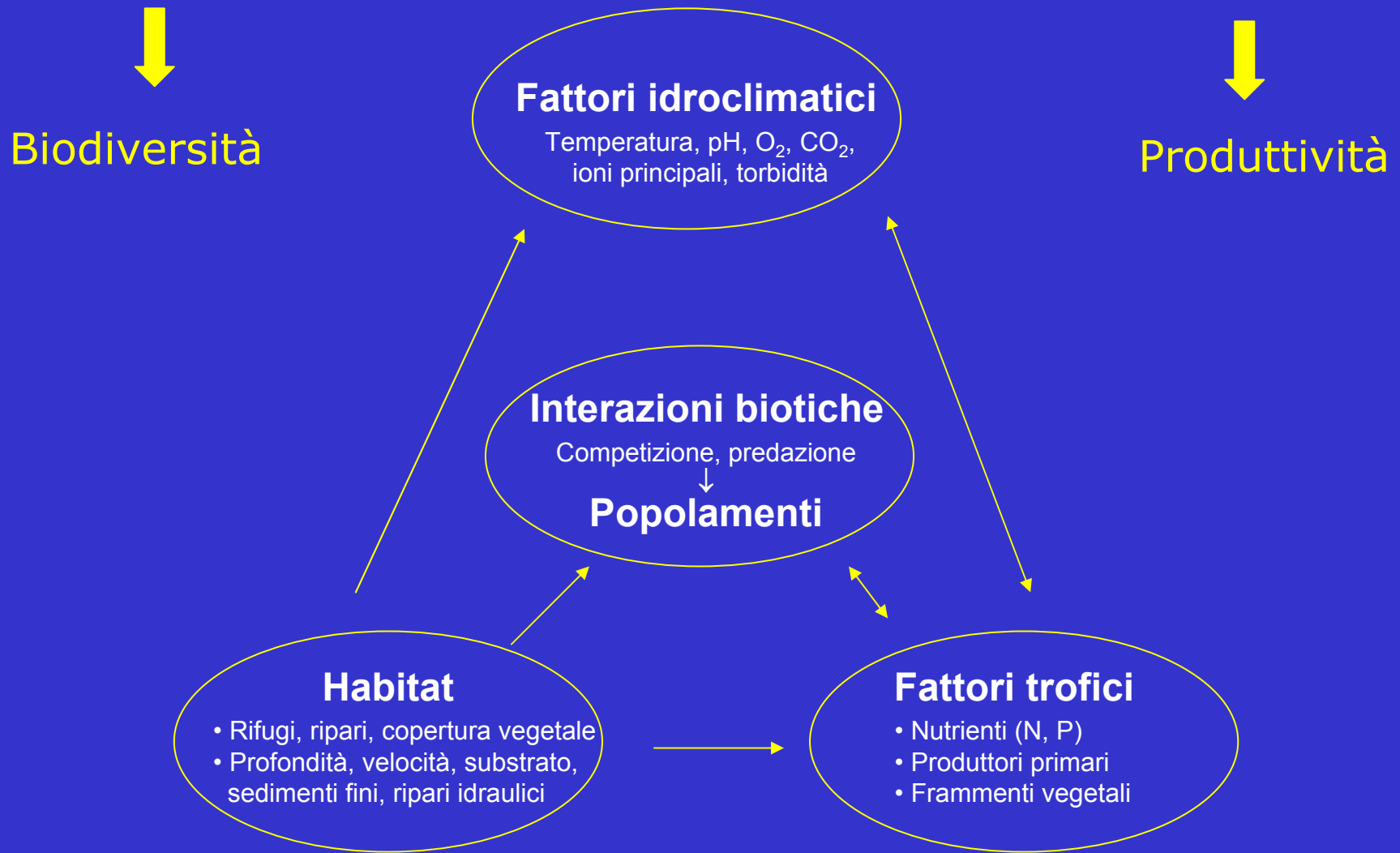
## Introduzione all'ecologia fluviale

*Gilberto N. Baldaccini*



# I fattori-chiave dell'ambiente acquatico

Determinano la dimensione e la ripartizione delle diverse specie



# L'ambiente fluviale: principali caratteristiche

Corrente, principale fattore di controllo



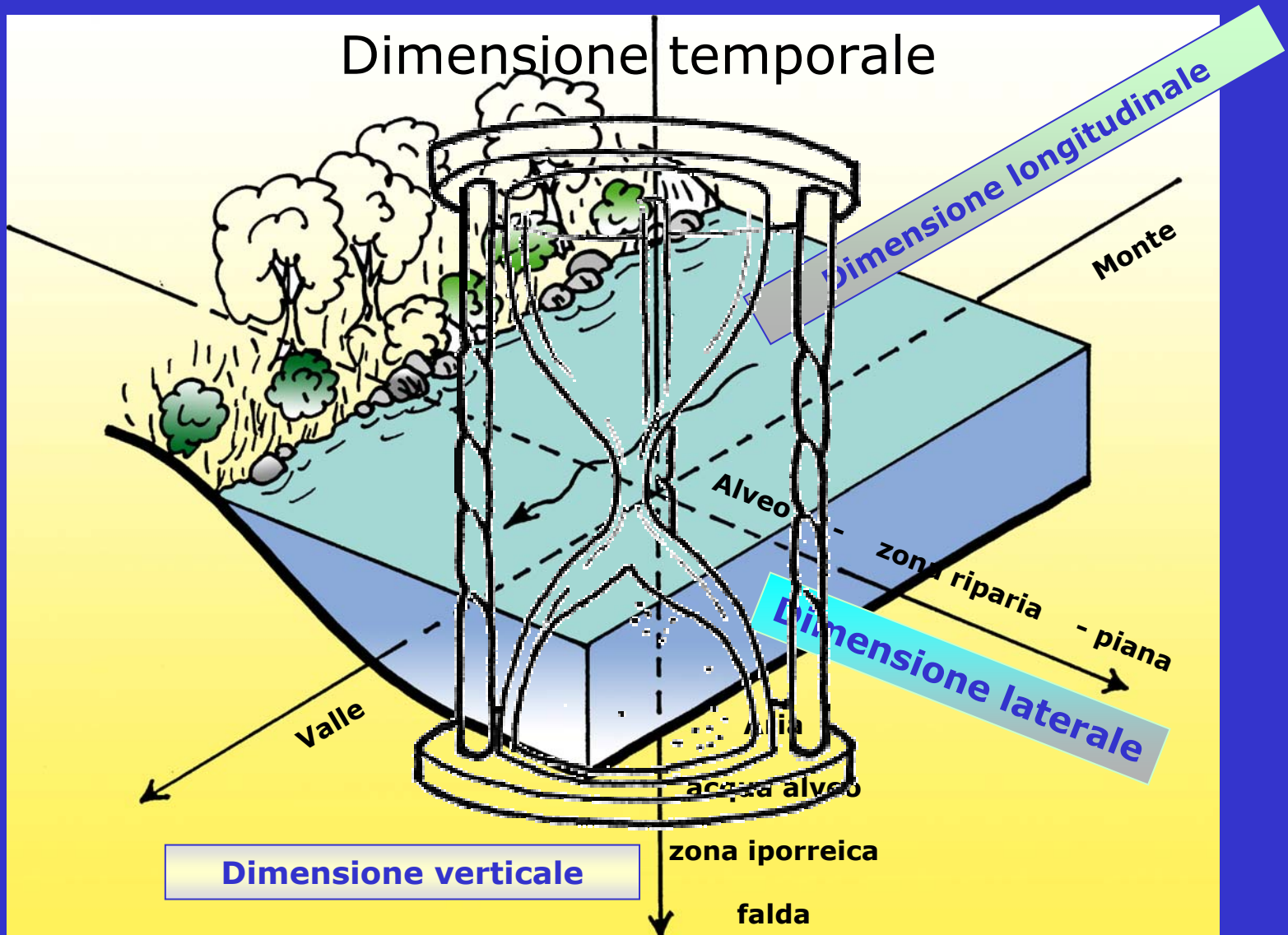
Meccanismi di adattamento, diversità ambientale

Intensità degli scambi terra → acqua

Ecosistema aperto, metabolismo eterotrofo

$$(I + P = R + E + Ds)$$

# Approccio multidimensionale (Ward, 1989)







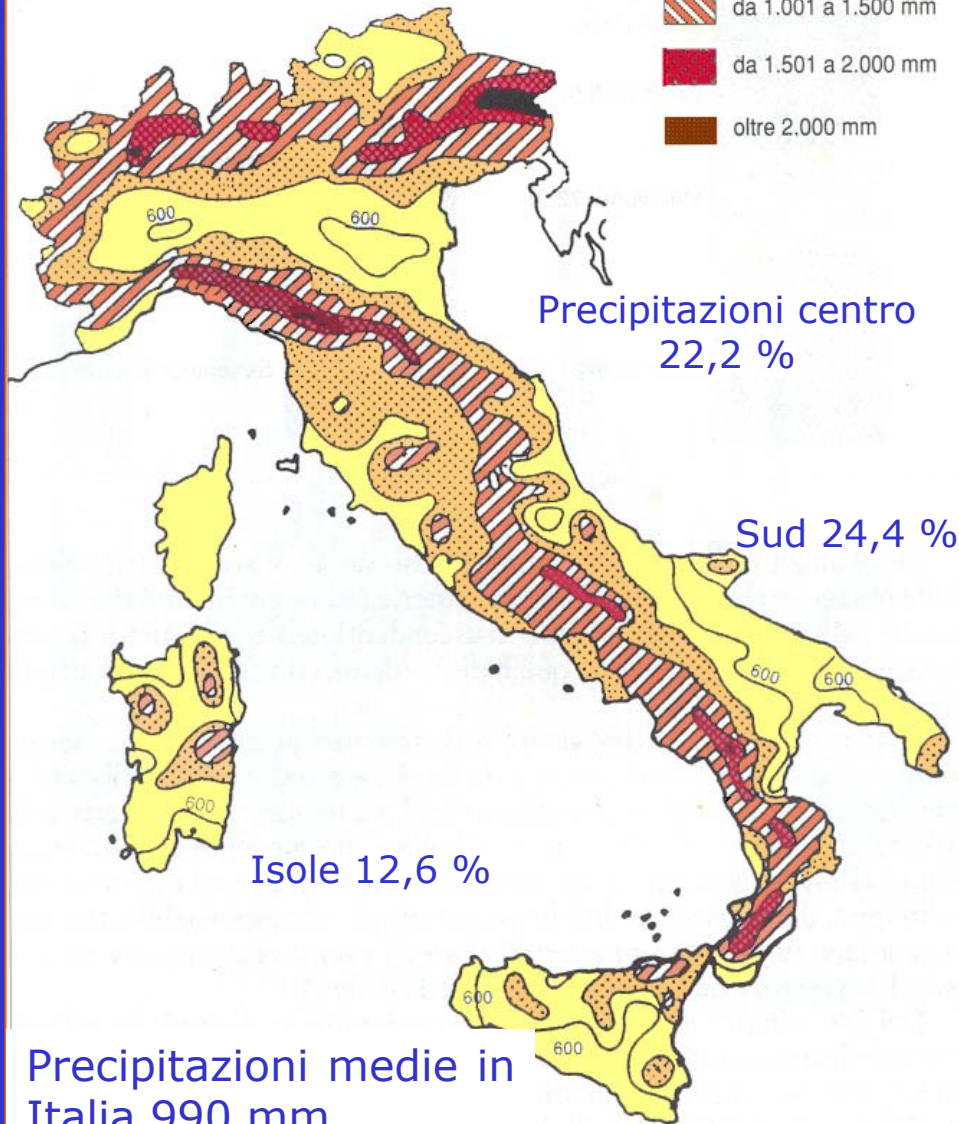
Precipitazioni nord  
40,8 %

Precipitazioni centro  
22,2 %

Sud 24,4 %

Isole 12,6 %

Precipitazioni medie in  
Italia 990 mm



La formazione e la sopravvivenza degli ambienti acquatici dipende dalla **disponibilità** di acqua.

Tale disponibilità dipende dall'entità di volumi che giungono al suolo attraverso le precipitazioni.

Gli apporti meteorici dipendono da:

- Altitudine
- Latitudine
- Posizione geografica

(da Supino, 1964, in Ghetti, 1993, modificato).

# Regime idrologico

Andamento delle precipitazioni

Regime idrologico di laghi e fiumi

Ricarica delle riserve sotterranee

Disponibilità di acqua alle sorgenti

Acqua

Infiltrazione nei suoli

Scorrimento  
superficiale

Tirante  
idraulico

Portata

Portata

=

Volume x unità di tempo

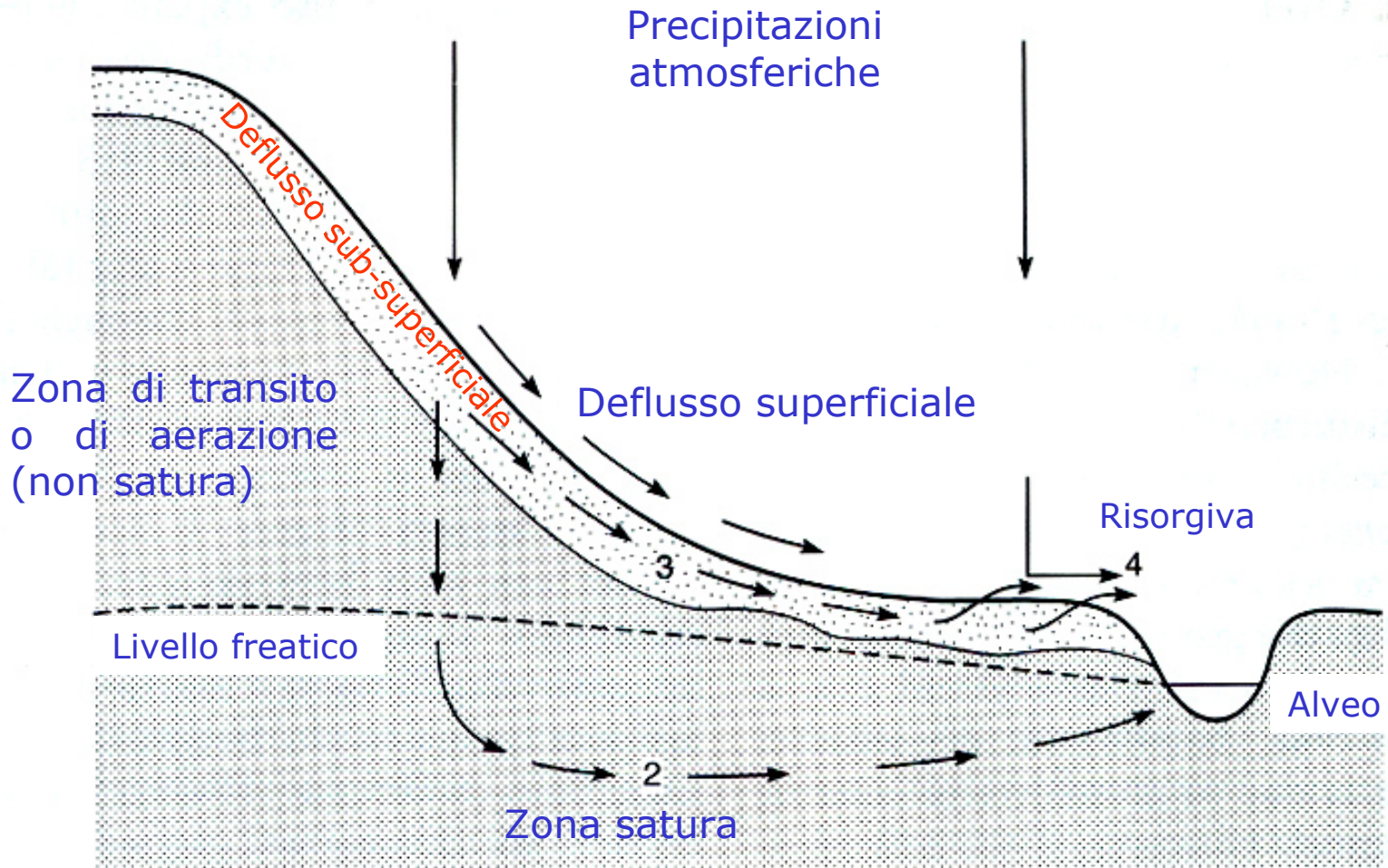
=

m<sup>3</sup>/sec

Misure di Portata

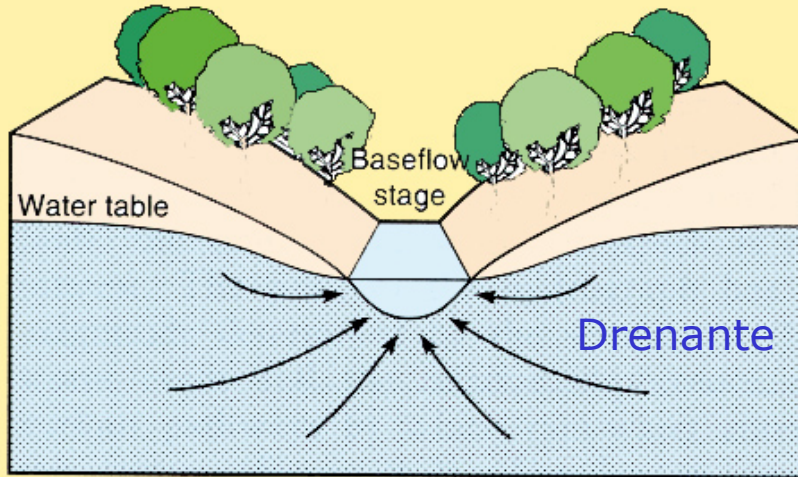


6/10 del tirante

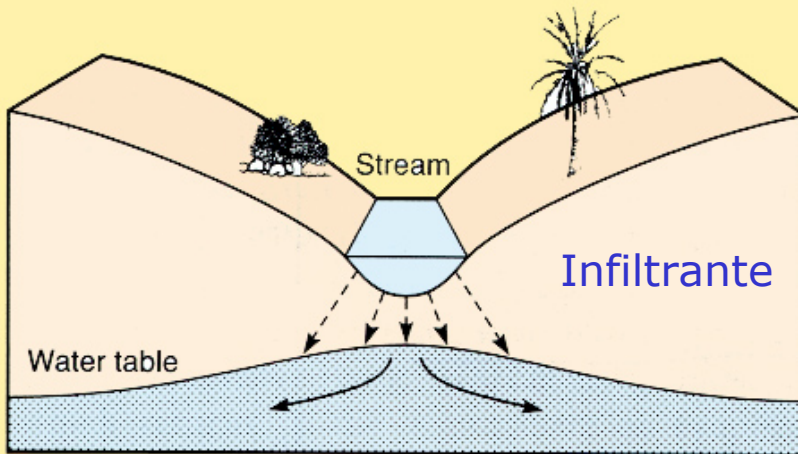


Andamento dei flussi di acqua sulla superficie terrestre: Il deflusso superficiale si verifica quando le precipitazioni superano la capacità di infiltrazione nei suoli e si ha saturazione delle acque sotterranee (Da Allan, 1995, modificato).

# Il rapporto con la falda acquifera



(a)



(b)

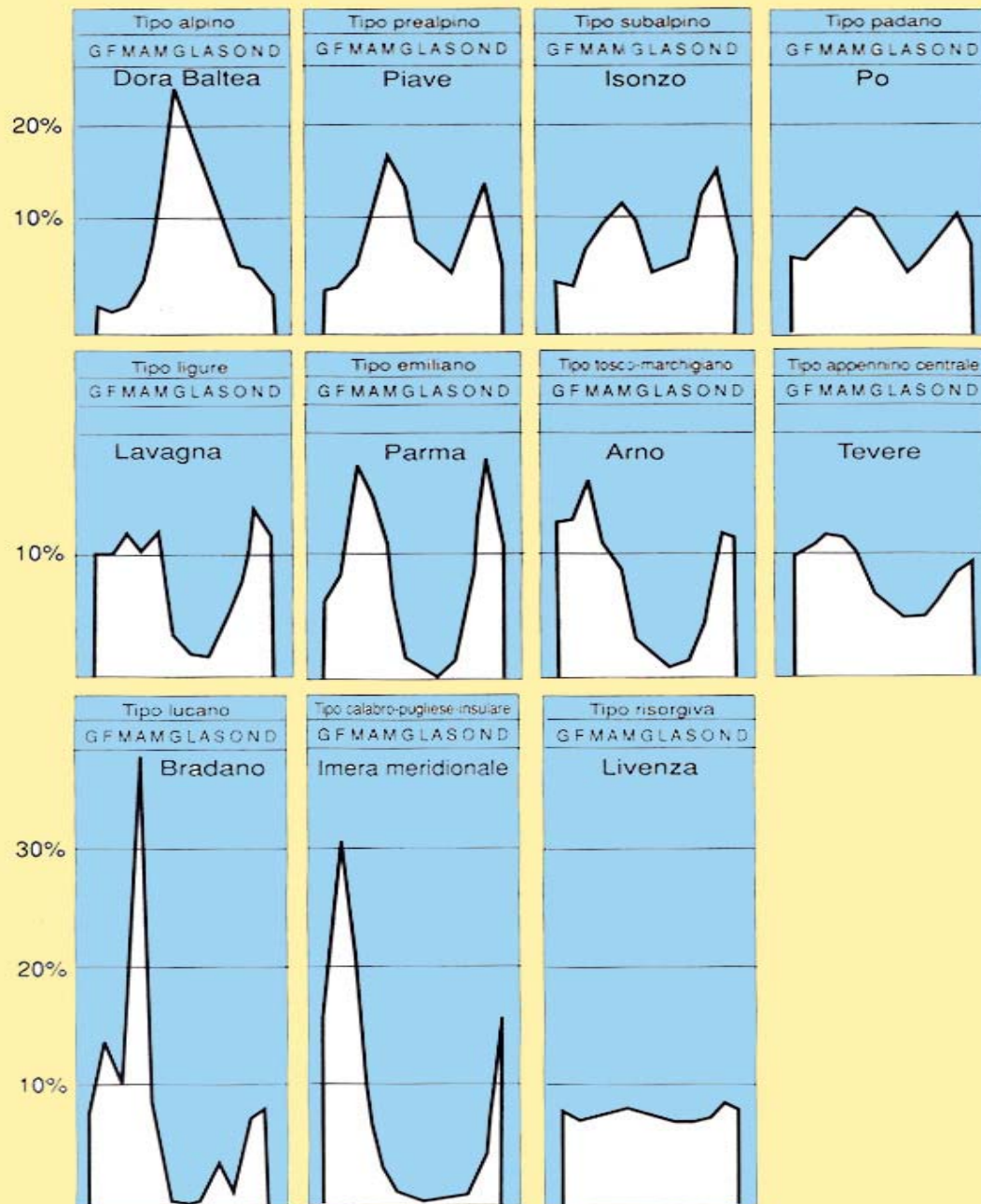
## Sezioni di corsi d'acqua:

-drenanti (a), tipici di regioni umide, dove la falda ricarica le acque in alveo, e li rende perenni;

- infiltranti (b), tipici di regioni aride o comunque di situazioni in cui l'abbassamento delle falde, spesso dovuto a consumi esasperati, comporta la perdita per infiltrazione e spesso il prosciugamento degli alvei.

(da Allan, 1995, modificato)





La vita idrologica di un fiume è caratterizzata dalle **variazioni** di portata che si avvengono durante le stagioni dell'anno

**Il regime idrologico** dei fiumi italiani presenta una notevole variabilità correlabile con le precipitazioni (Da Supino, 1964, in Ghetti 1993, modificato)



# Fattori idroclimatici: i parametri fondamentali

Temperatura



Dipende da: clima locale, ombreggiamento, portata, dighe, scarichi, contatti con la falda. Influenza: metabolismo, cicli vitali, concentrazione gas, stratificazione, ecc.

Conducibilità



In stretta correlazione con il contenuto di sali disciolti. Può determinare la composizione delle comunità.

pH



E' determinante per la sopravvivenza della vita acquatica.

Gas disciolti



I principali sono CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. La loro concentrazione è in stretto rapporto con i processi metabolici e con l'origine delle acque.

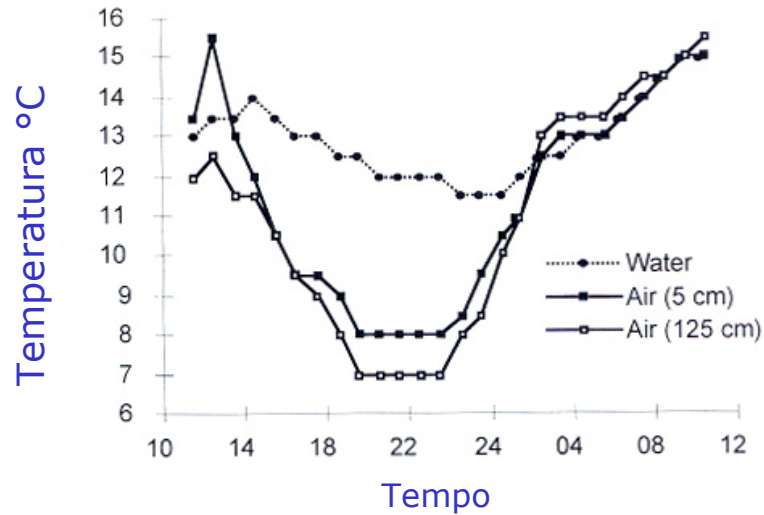
Torbidità



Dipende da fattori naturali e antropici. Agisce sulla fotosintesi ma anche sul comportamento di molti organismi acquatici.

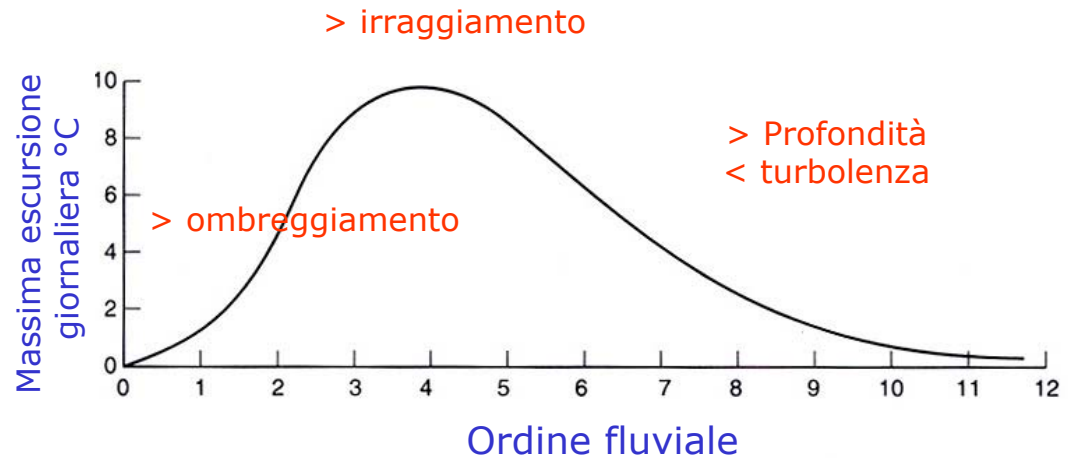
# Regime termico fluviale

L'acqua ha un'inerzia termica quattro volte superiore a quella dell'aria. Questo fenomeno si dimostra chiaramente attraverso un rilevamento sperimentale di temperature dell'acqua e dell'aria durante l'intera giornata (24 h).



Fluttuazioni termiche giornaliere registrate durante il mese di marzo in un torrente temperato e confrontate con quelle dell'aria a diversa distanza dalla superficie dell'acqua (Da Giller e Malmqvist, 1998, modificato).

Escursioni termiche in relazione all'ordine fluviale in corsi d'acqua a clima temperato (Da Allan, 1995, modificato)

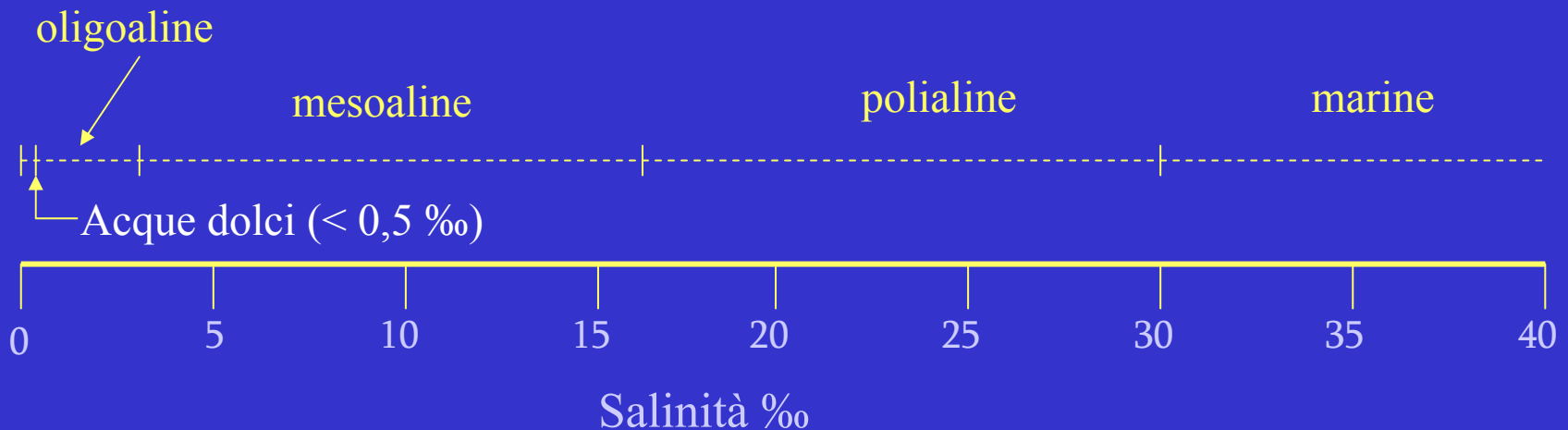


# LE ACQUE INTERNE

Comprendono tutte le acque continentali separate dal mare dalla linea di costa

Si suddividono in superficiali e profonde, correnti e stagnanti

Non tutte le acque interne sono dolci



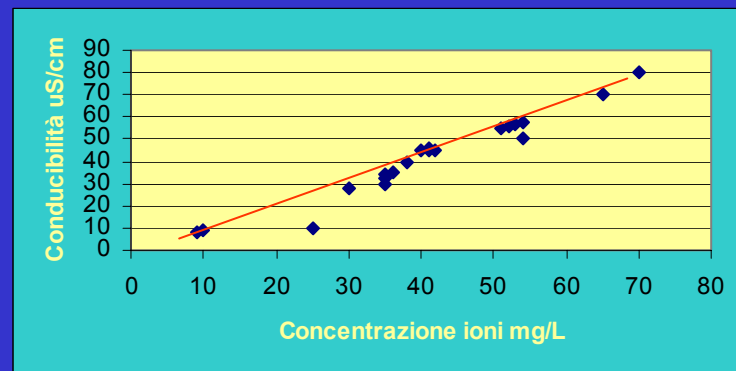
# Il trasporto dei soluti: l'andamento della conducibilità

Monte

Conducibilità $\mu\text{S cm}^{-1}$	Tipologia
< 30	Acque poco mineralizzate-glaciali-di sorgente
30 - 50	Sorgenti e torrenti di alta montagna-corsi d'acqua a substrato acido
50 - 100	ruscelli e piccoli torrenti montani in zone silicee
100 - 200	Torrenti a media altitudine
200 - 300	Regioni calcaree: zone superiori e medie
300 - 400	Regioni calcaree: zone inferiori; fiumi di pianura
400 - 500	Corsi d'acqua in pianura - inquinamento
> 500	Acque inquinate-ingressione acque salmastre

Valle

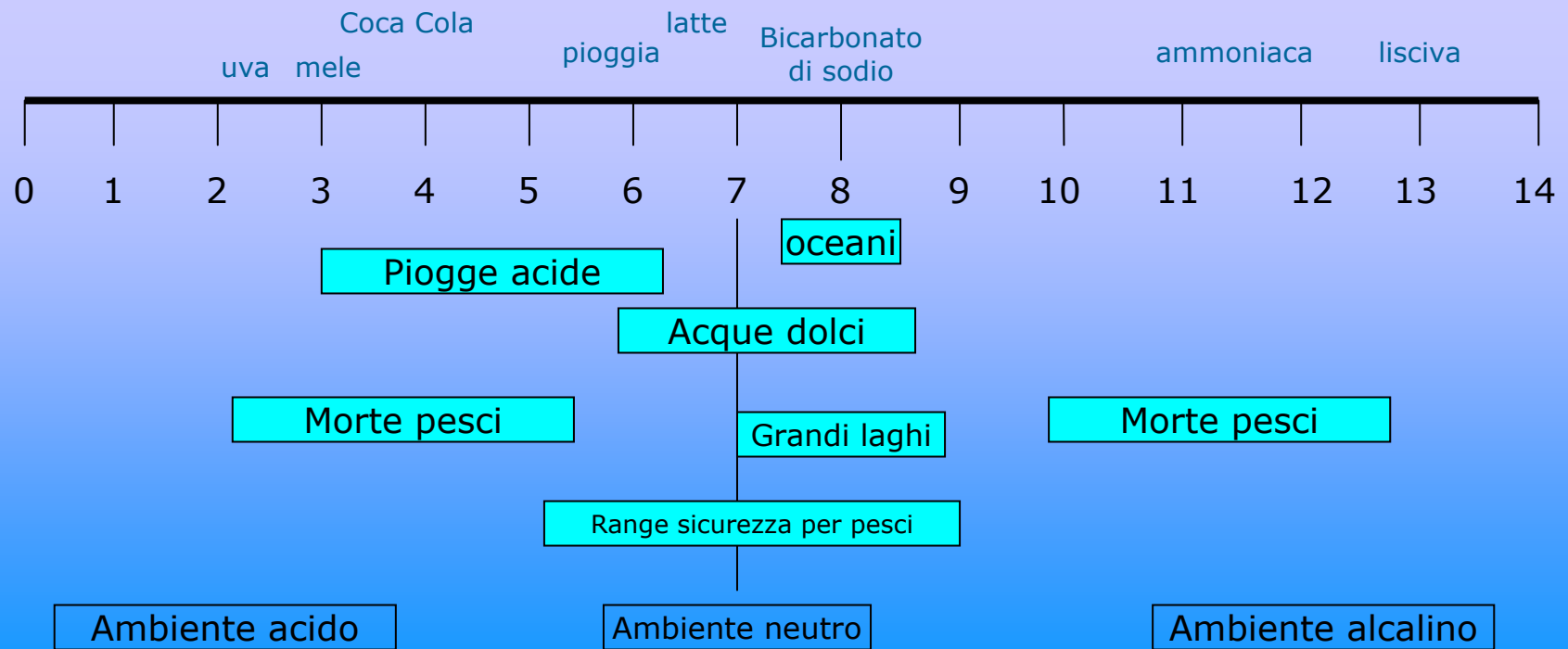
L'acqua distillata presenta una elevata resistenza al flusso di elettroni mentre la presenza di ioni riduce tale resistenza, favorendo il passaggio di elettricità (conduttanza)



In molti casi esiste una buona correlazione tra contenuto totale di sali disciolti e conducibilità specifica

# Il grado di acidità dell'acqua

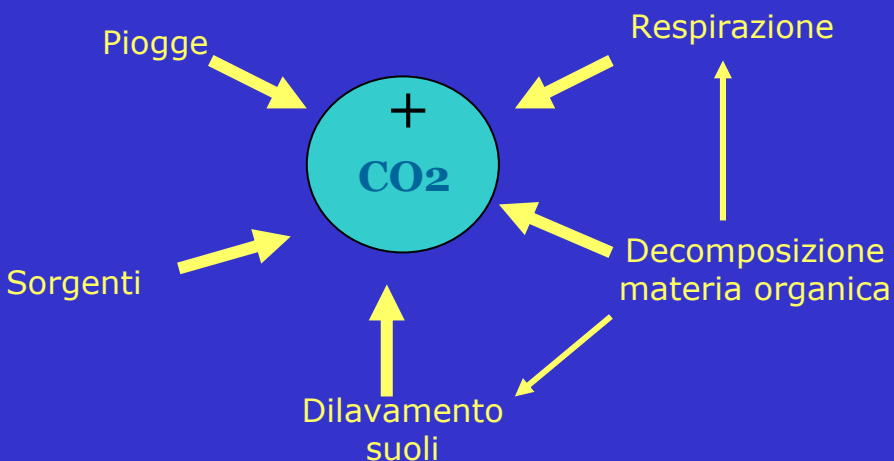
$$\text{pH} = \log. 1/\text{H}^+ = \log. 1 / 0.0000001 = 7$$



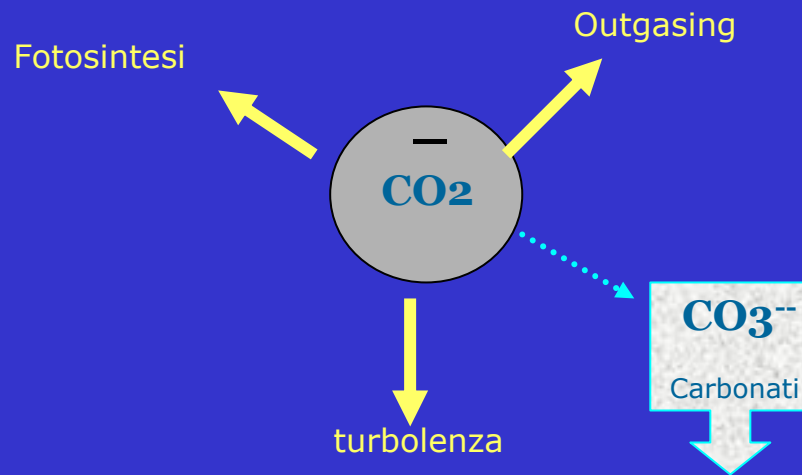


- CO<sub>2</sub>**: - regola il metabolismo degli organismi vegetali  
 - esercita effetto tampone sulle acque  
 - determina la concentrazione dei soluti

## Si concentra



## Si riduce



Acido carbonico

Bicarbonati

Carbonati

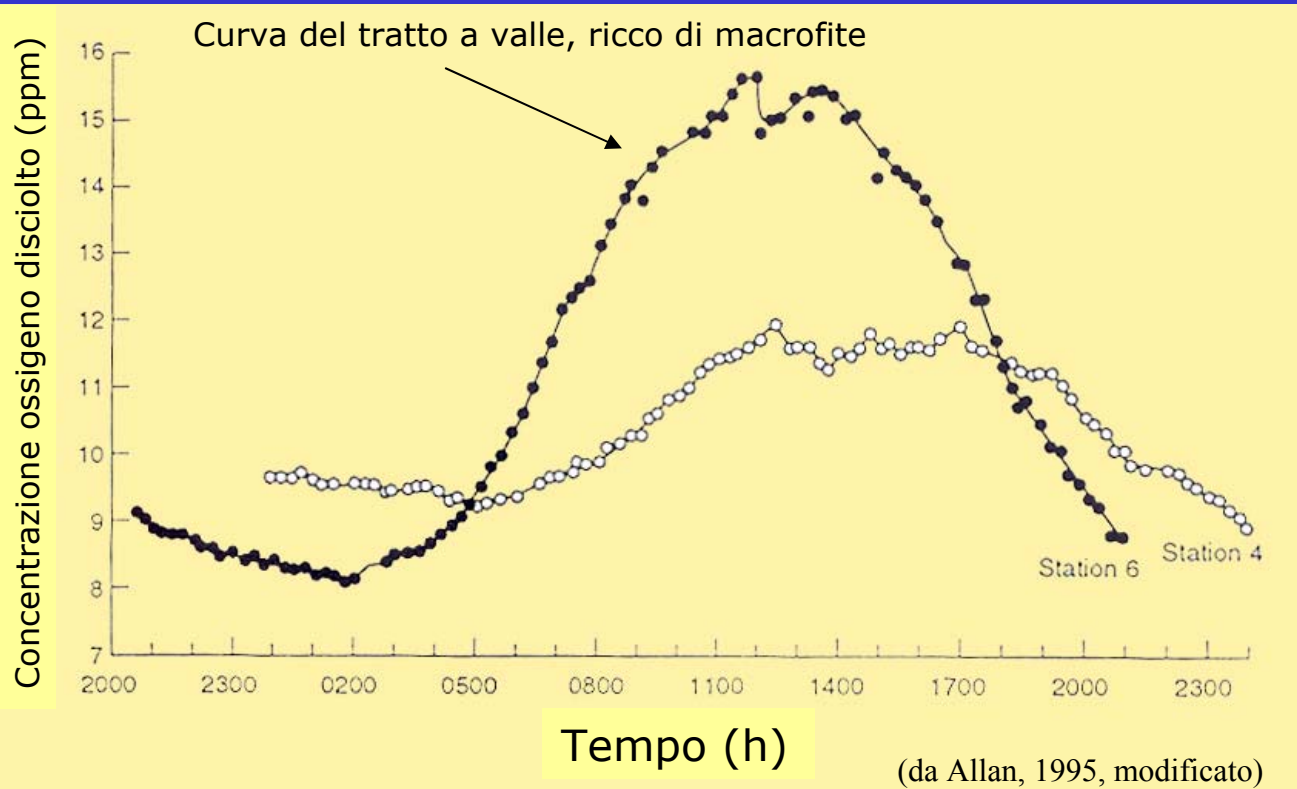
A 20° →

20%

79%

0,0003%

# Fonti di O<sub>2</sub>: fotosintesi turbolenza (raschi)



## Legge di Henry

$$C = k \cdot P$$

C = mg/L (ppm)

k = costante di diffusione  
dipendente dalla T

P = pressione atm

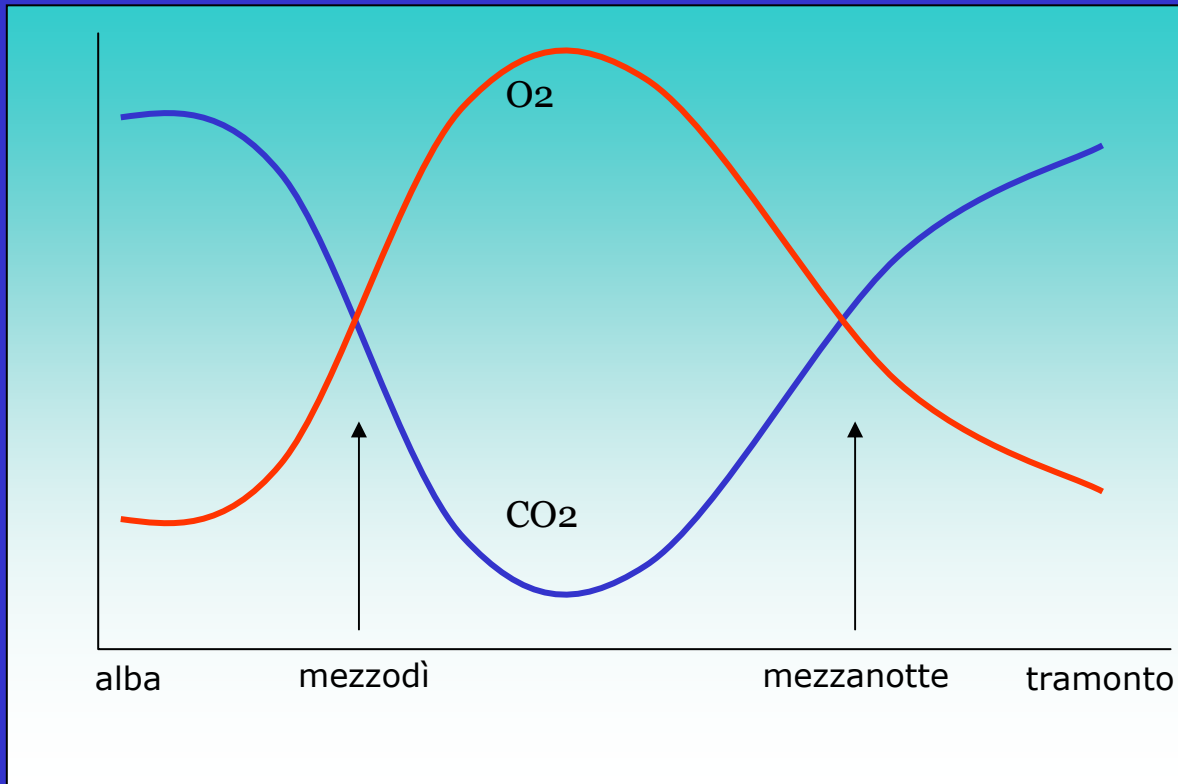
## % saturazione

**12,77 mg/L a 5°C**

**8,26 mg/L a 25°C**

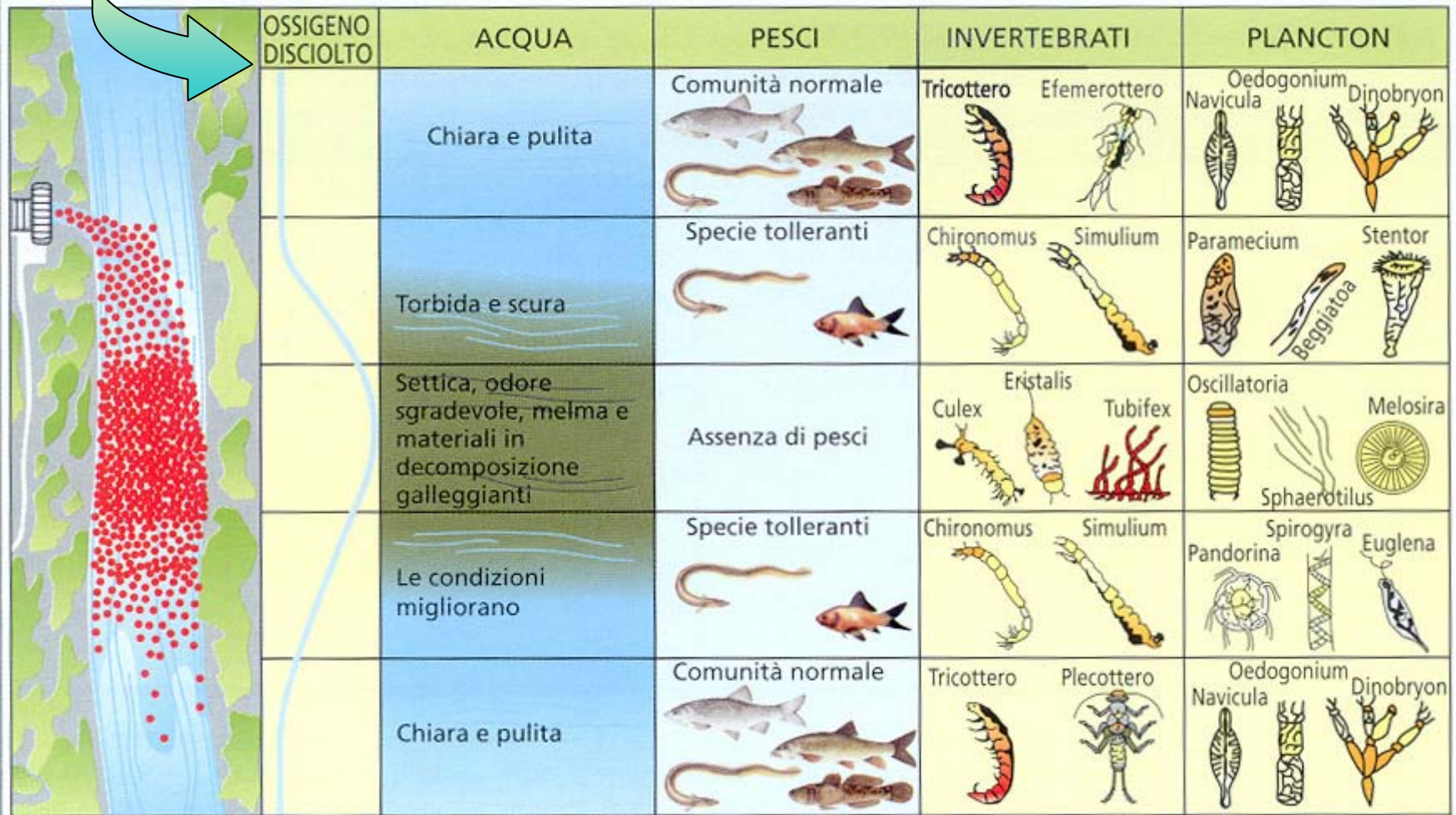
Curva giornaliera della concentrazione di ossigeno in due stazioni di un corso d'acqua calcareo e ricco di macrofite. La diversa ampiezza delle curve è evidentemente da correlare con l'aumento dell'attività fotosintetica nella stazione a valle, caratterizzata da acque più ricche di forme vegetali.

## Correlazione tra $\text{CO}_2$ e $\text{O}_2$



Per effetto della fotosintesi e della respirazione esiste un rapporto inverso tra la concentrazione di  $\text{CO}_2$  e quella dell'ossigeno disciolto. Le due concentrazioni seguono un ciclo nictemerale con andamento pressoché regolare.

# La curva a sacco dell'ossigeno



Variazioni della concentrazione di ossigeno disciolto e della comunità acquatica in seguito all'immissione di notevoli quantità di sostanza organica in un corso d'acqua (da Odum, 1973, modificato, in Zerunian, 2003 )

# Torbidità delle acque

Ambienti lotici



Varia per effetto del trasporto solido

ratti ritrali → grossolano  
ratti potamali → fine



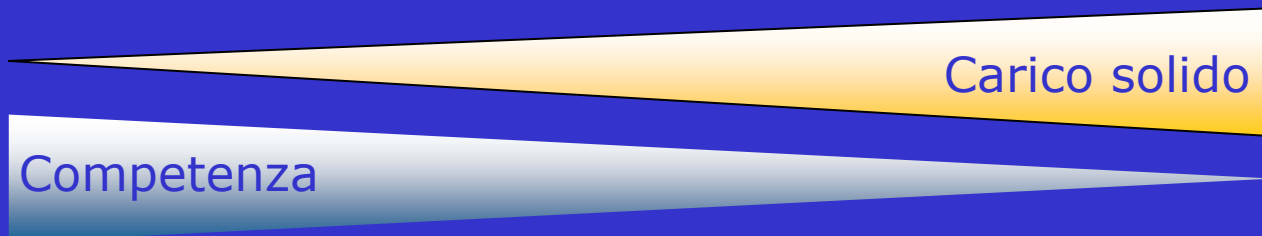
Litologia  
Stabilità dei versanti  
Origine delle acque



Monte



Valle





# L'ambiente lotico: principali caratteristiche

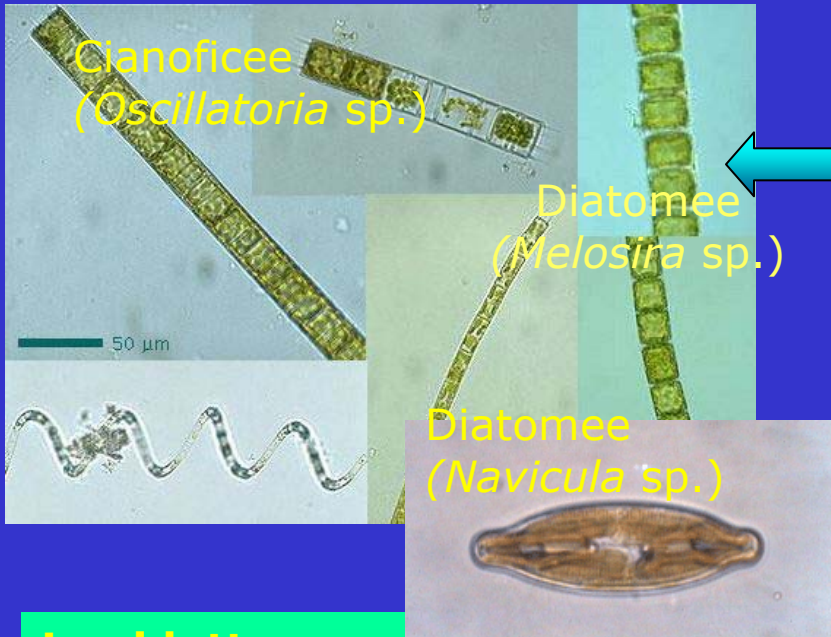


## *Principali strategie di adattamento*

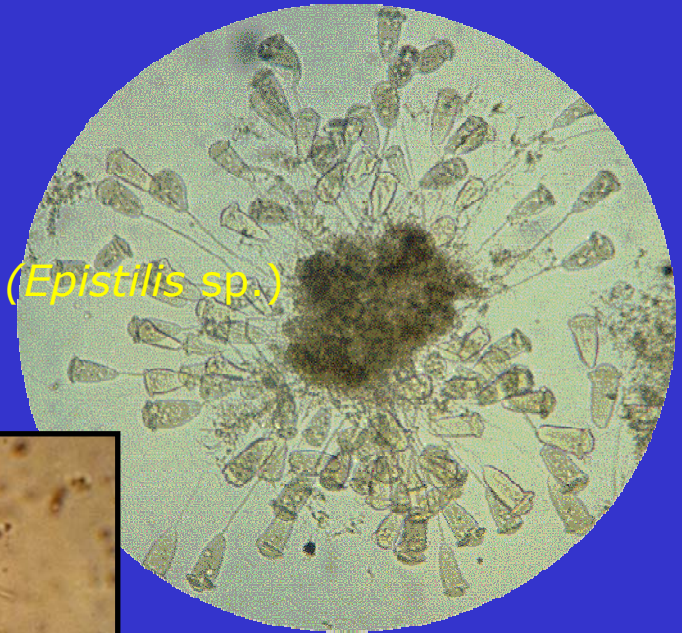
- **Ancoraggio permanente a un substrato:** interessa prevalentemente forme sessili, vegetali ma anche animali.
- **Colonizzazione dello strato limite:** favorisce gli organismi di dimensioni microscopiche (periphyton).
- **Dentelli e ventose:** la maggior parte degli invertebrati ha escogitato queste caratteristiche anatomiche per contrastare l'effetto della corrente.
- **Superfici inferiori vischiose:** ne traggono vantaggio forme come gasteropodi e planarie.
- **Forma del corpo:** dagli artropodi ai pesci si è modellata in funzione delle esigenze di idrodinamicità.
- **Reotassi positiva:** è una strategia tipica delle forme reofile che fa orientare l'animale controcorrente.
- **Tigmotassi positiva:** aggrappandosi saldamente al substrato contrastano l'effetto deriva (drift).
- **Fototassi negativa:** fuggono la luce cercando riparo sotto i ciottoli;
- **Infossamento:** nei sedimenti al riparo dalla corrente.

# Il periphyton (*Aufwuchs*)

Sebbene composto prevalentemente da Diatomee, alghe verdi e cianobatteri, questo sottile strato ospita, altri gruppi di organismi microscopici come Protozoi ciliati, Gastrotrichi, Rotiferi, Nematodi e Tardigradi

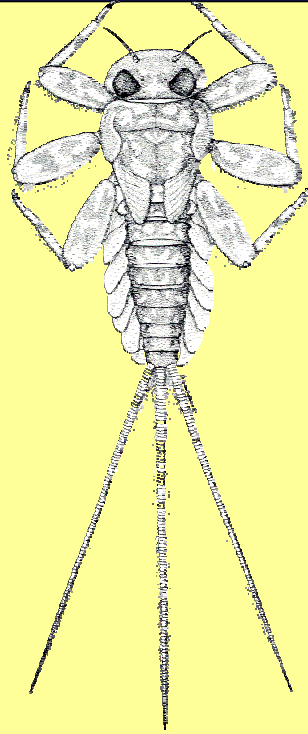


**Le ridotte dimensioni consentono la colonizzazione dello strato limite dove l'attrito sulle superfici contrasta l'effetto trascinarsi della corrente**

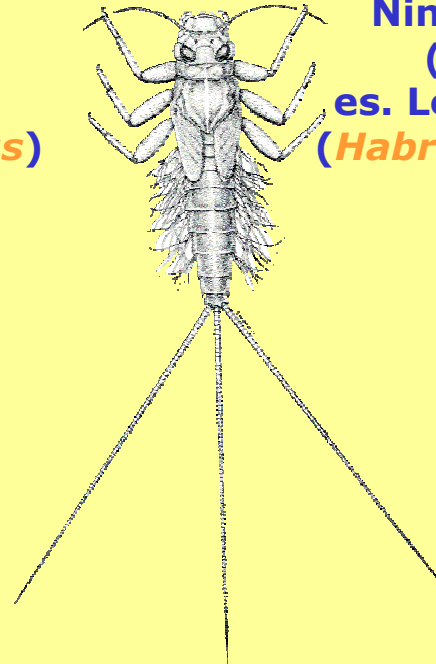


Ciliati natanti (*Halteria* sp.)

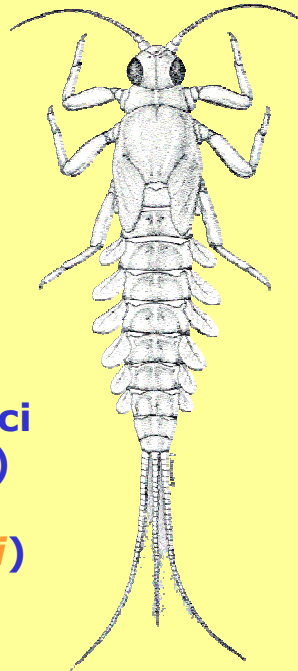
# Forme e adattamenti



**Ninfe piatte  
(o litofile)**  
es. **Heptageniidae**  
(*Ecdyonurus venosus*)

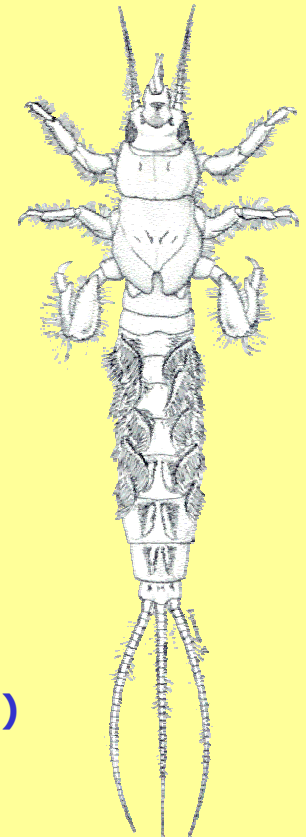


**Ninfe striscianti  
(o erpofile)**  
es. **Leptophlebiidae**  
(*Habrophlebia fusca*)



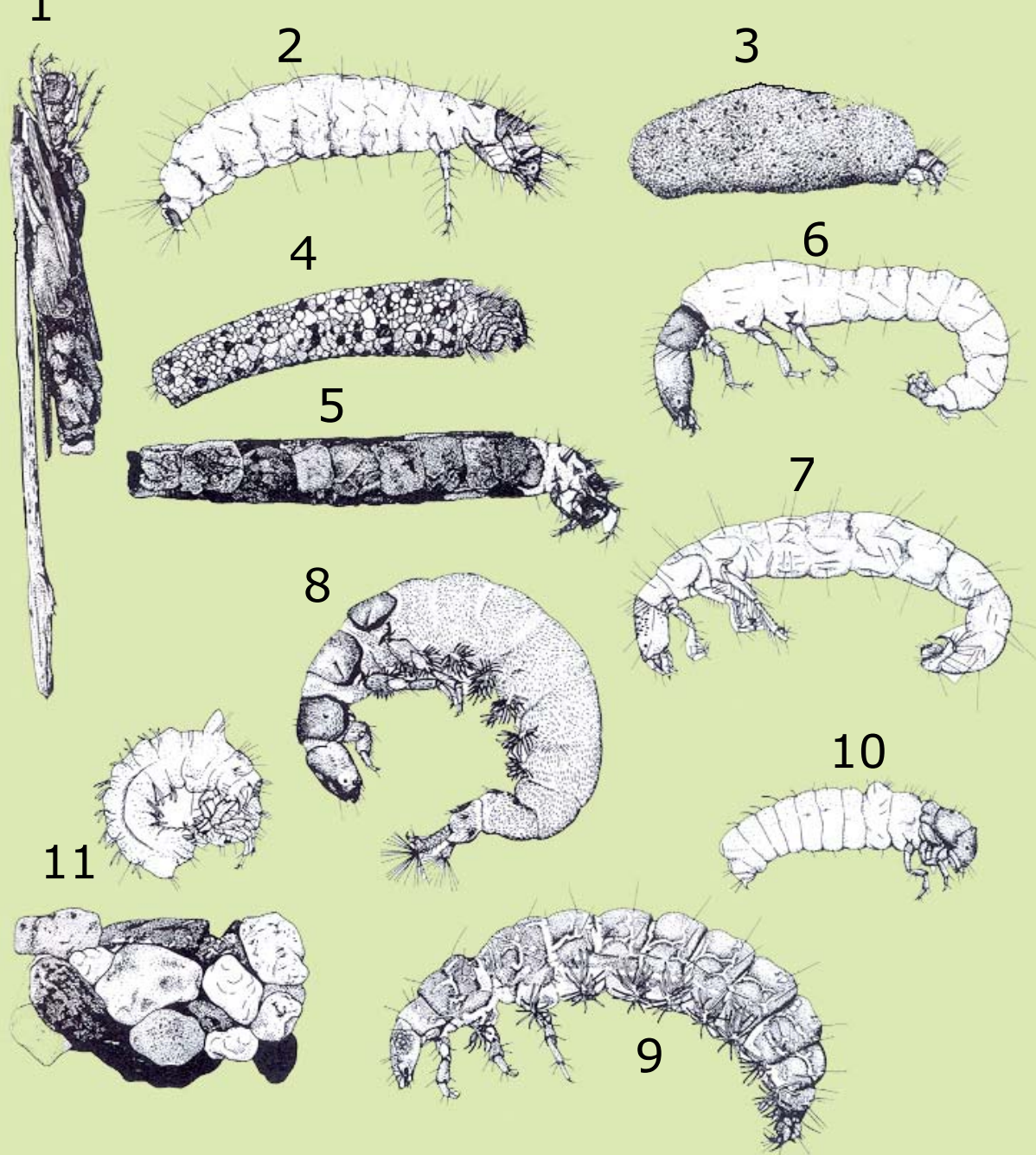
**Ninfe nuotatrici  
(o iponeofile)**  
es. **Baetidae**  
(*Baetis rodani*)

**Ninfe scavatrici  
(o orittofile)**  
es. **Ephemeridae**  
(*Ephemera danica*)





# Forme e adattamenti nei Tricotteri



- Unghie
- Pigopodi
- Mammelloni
- Reti
- Zavorre





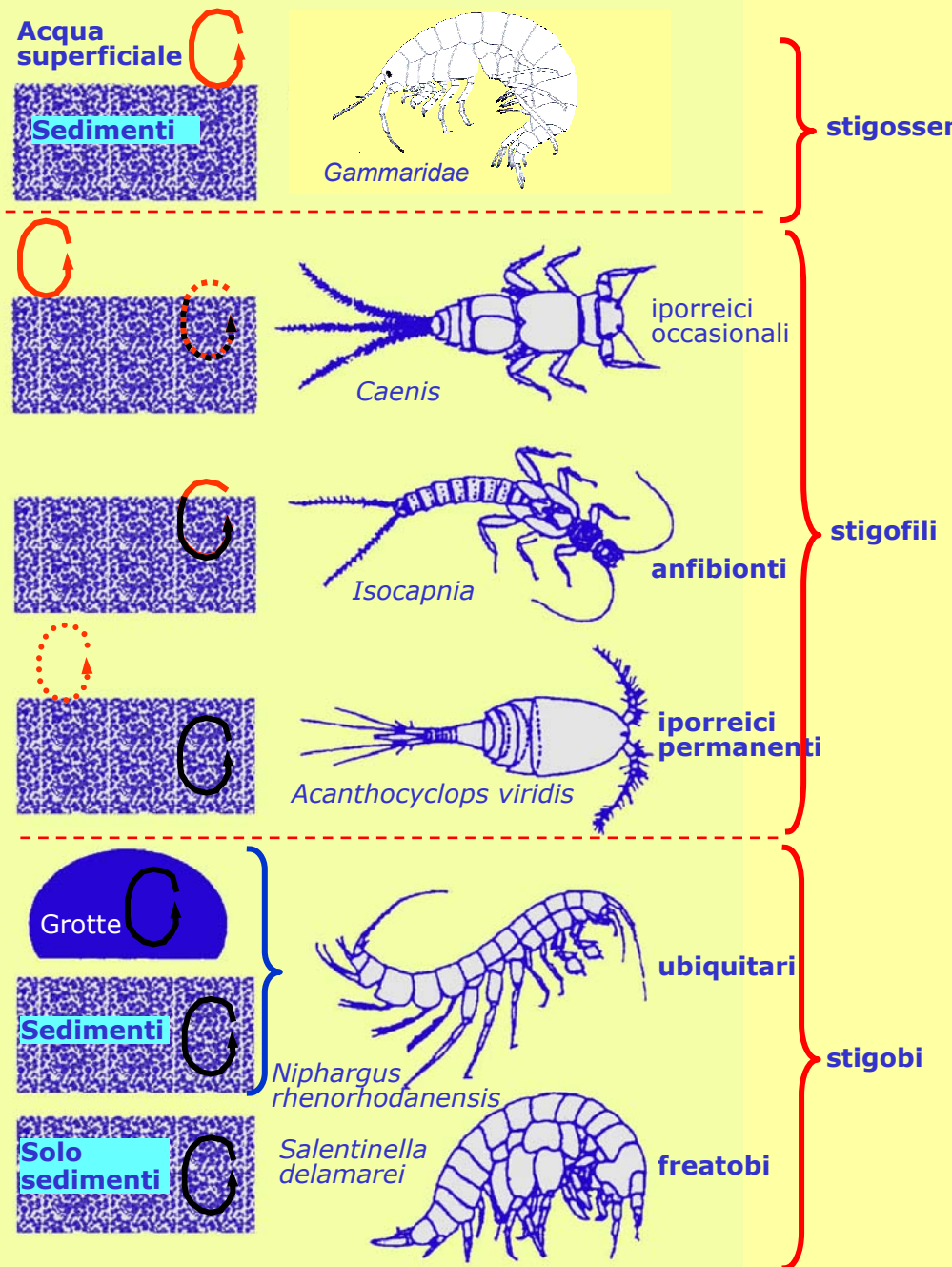
# Comunità di ambienti iporreici e sotterranei

## Adattamenti alla vita reaticola:

• corpo lungo, sottile, flessibile (per muoversi negli interstizi);

• corpo tozzo, tegumenti robusti e privi di asperità (per farsi strada tra i sedimenti);

• dimensioni molto ridotte.



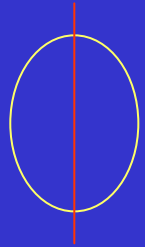
# Nuotando controcorrente

Specie	Velocità limite (m/s)
Salmone*	8,00
Trota	4,40
Cavedano	2,70
Barbo	2,40
Abramide*	0,60
Tinca	0,50
Luccio	0,45
Carpa	0,40

\* Specie assente in Italia



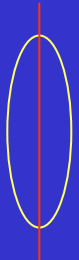
Trota



Quando la sezione trasversale del corpo è di forma ovale la muscolatura è molto sviluppata e consente una forte resistenza alla corrente



Tinca



corpi compressi lateralmente hanno una muscolatura ridotta e sono poco efficienti nel contrastare la forza della corrente

Idrologia



## Habitat:

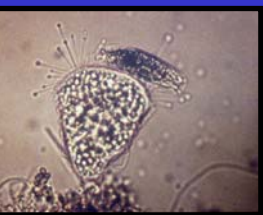
- Caratteristiche **fisiche** (morfodinamiche) percepita dall'organismo.
- Eterogeneità **spaziale**
- Variabilità **temporale** (mosaici dinamici)
- **Connettività**



m-dam

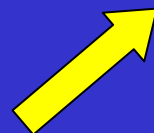


cm-dm



mm

Morfologia



Vegetazione riparia

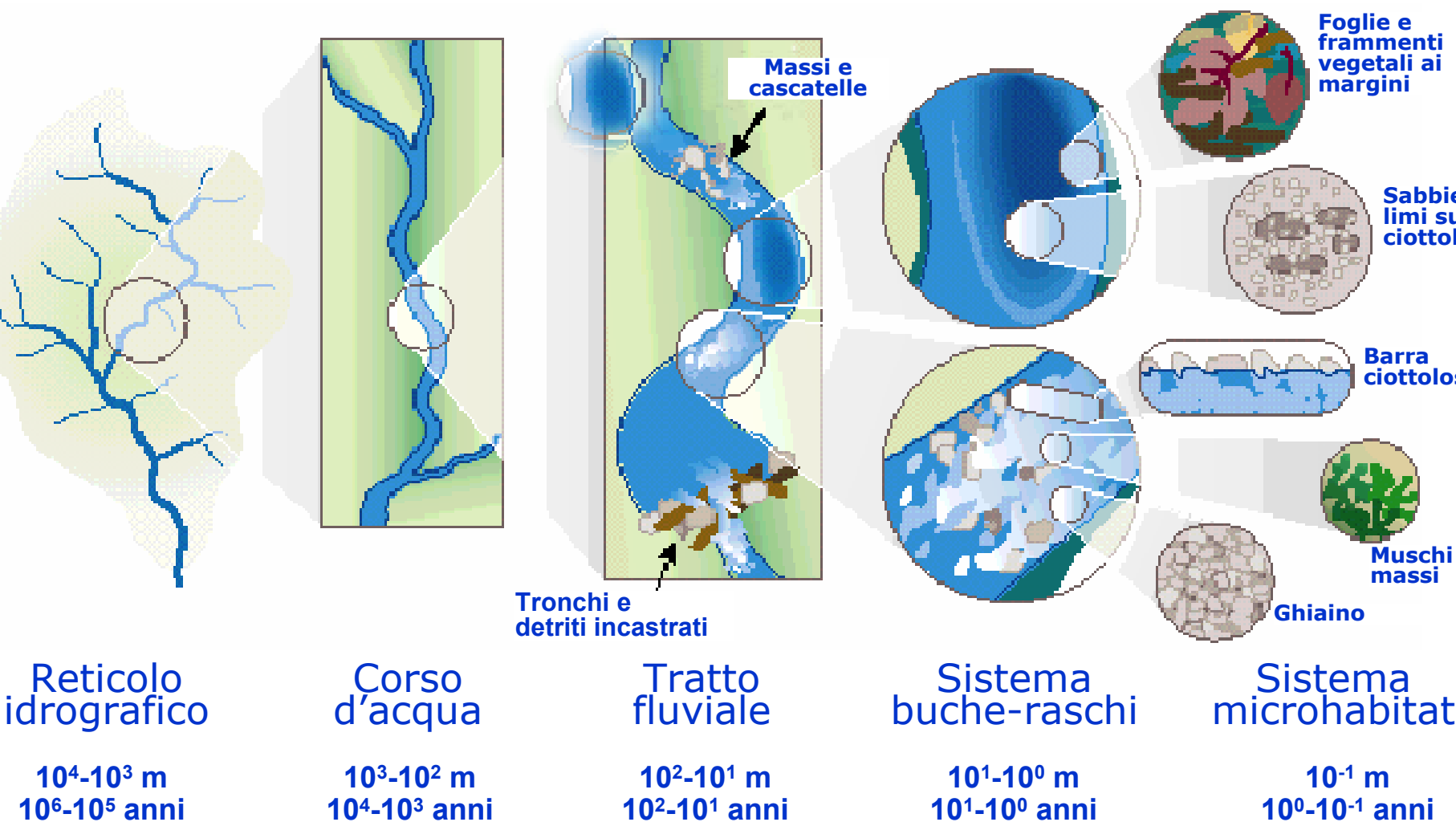


Le dimensioni dell'habitat dipendono dall'organismo

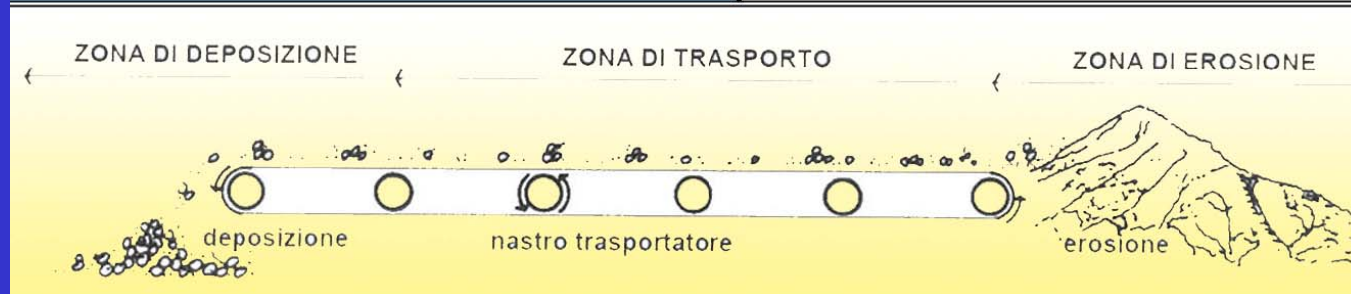
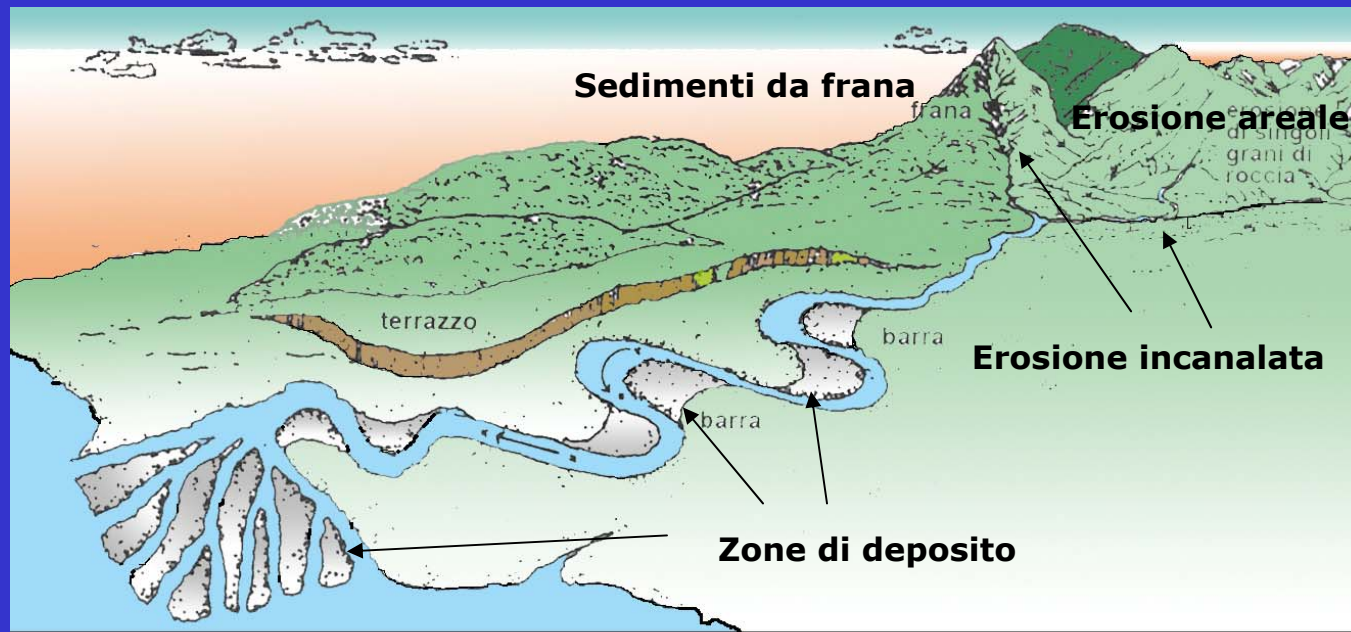
# Diversità ambientale

Sistemi gerarchici di habitat fluviali e loro scala spaziale e temporale

ecologia del paesaggio ← ecologia terrestre ← ecologia delle acque

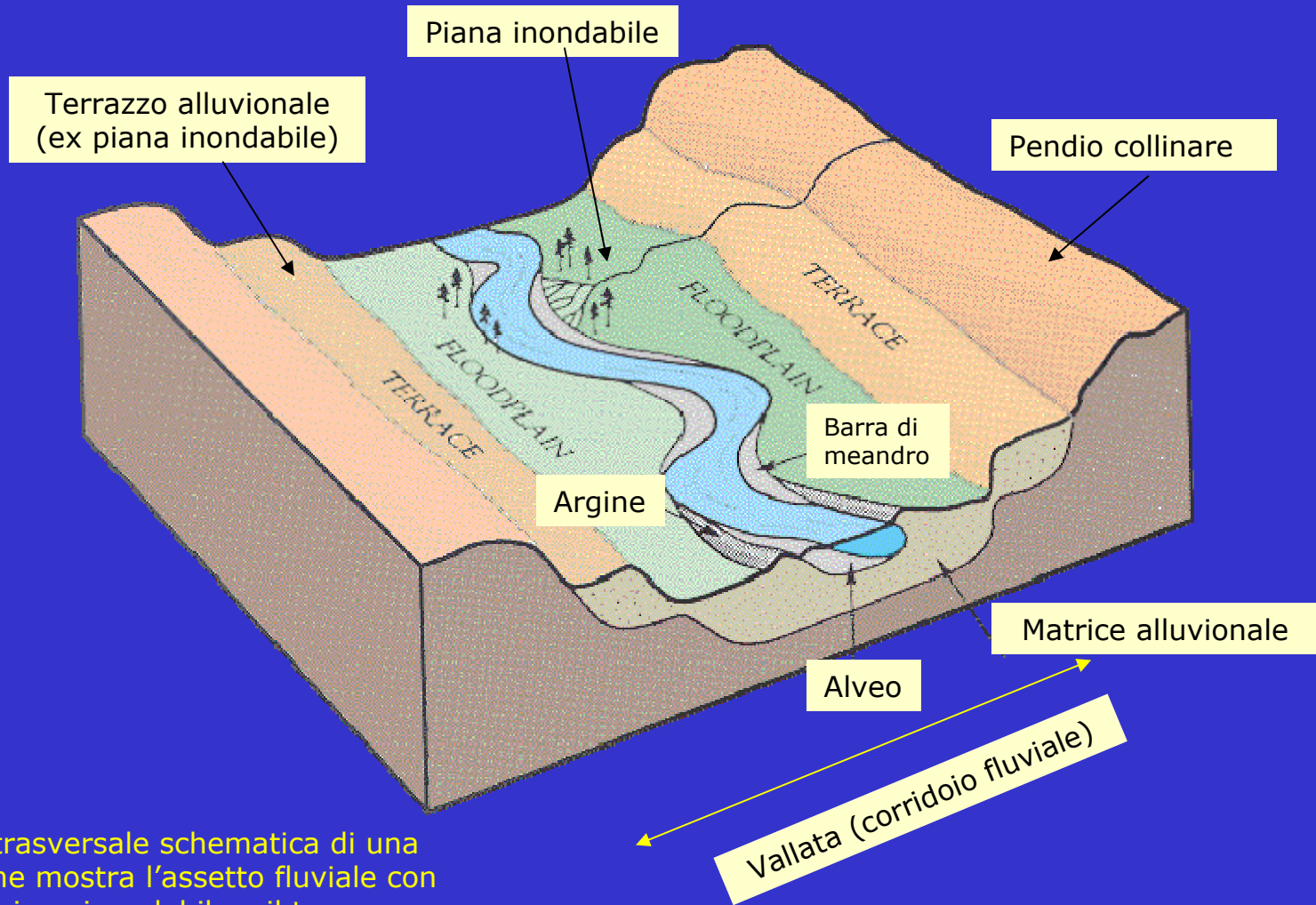






Il corso d'acqua può essere paragonato ad un nastro trasportatore di sedimenti, dalla zona di erosione (montana) a quella di deposito (valle, lago, mare). Ciò vale sia per il corso d'acqua nel suo insieme, sia per i singoli affluenti provenienti dai sottobacini, le cui zone di erosione possono produrre sedimenti da frane, da erosione incanalata, o da erosione areale e le cui zone di deposito sono rappresentate dalle conoidi di deiezione presso lo sbocco nella valle maggiore. (Da Kondolf, 1994, in Siligardi *et al.*, 2007, modificata).

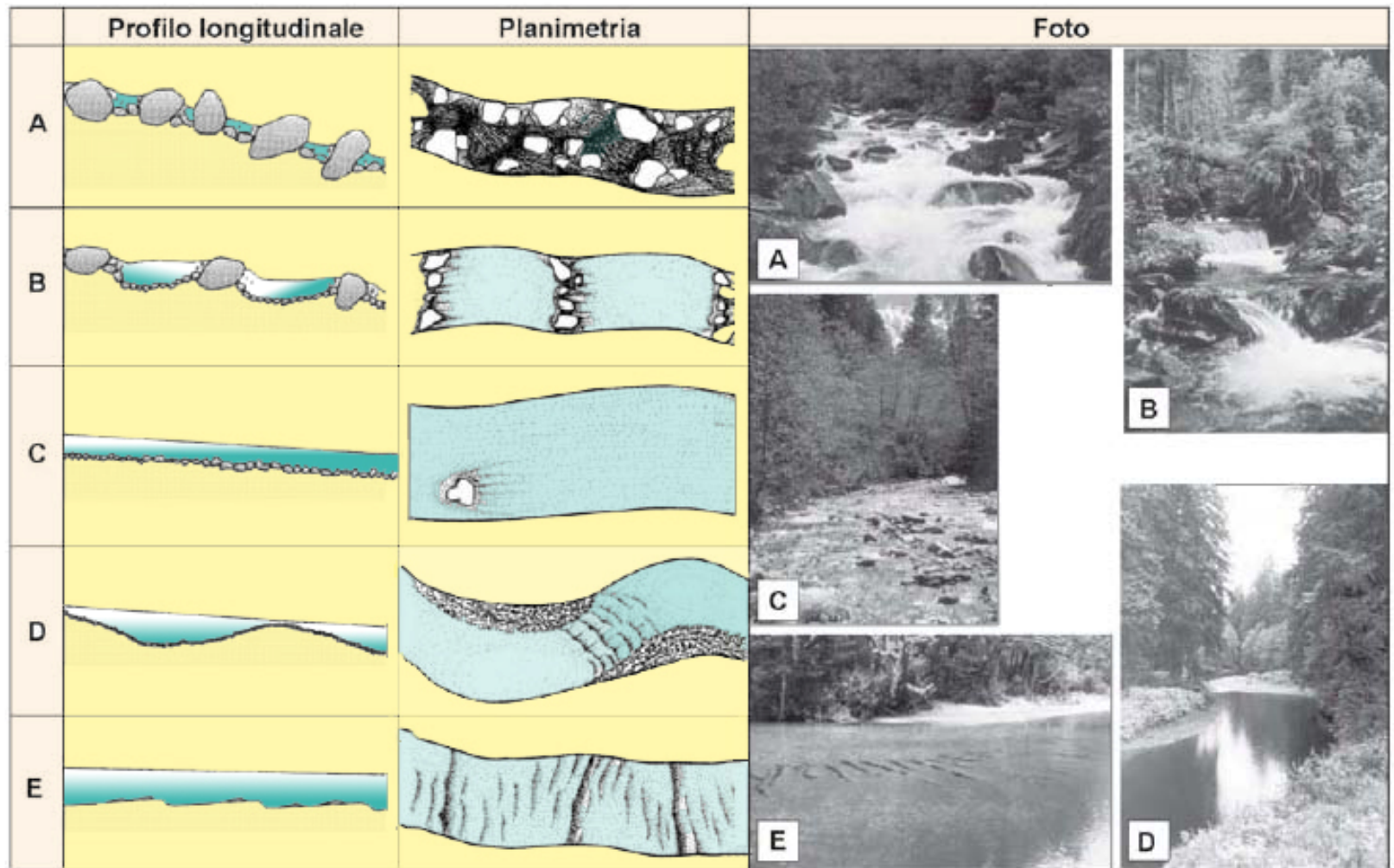
# Dinamica del paesaggio fluviale = habitat



Sezione trasversale schematica di una vallata che mostra l'assetto fluviale con l'attuale piana inondabile e il terrazzo alluvionale relativo ad una passata situazione (da Mount, 1995, modificato).

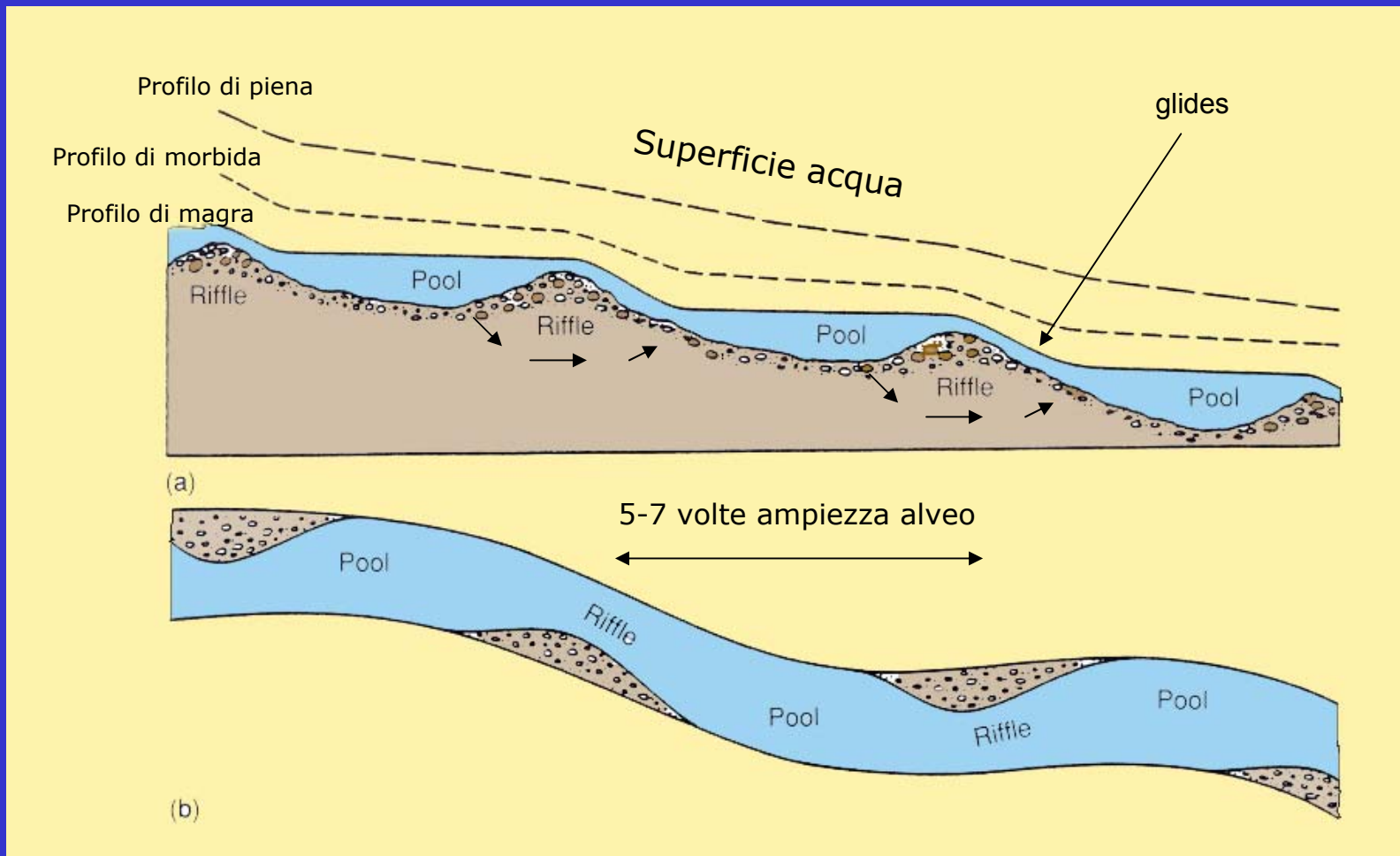
# Dinamica del paesaggio fluviale: tipologie di fondo

Principali tipi di tratti fluviali. A- rapide (*cascade*); B- pozze e cascatelle (*step pool*); C- fondo piatto (*plane bed*); D- buche e raschi (*pool riffle*); E- fondo increspato (*dune ripple*). (Montgomery e Buffington, 1997, in Siligardi et al., 2007, modificato).





# Tipologie di fondo: raschi e pozze (*riffle and pool*)



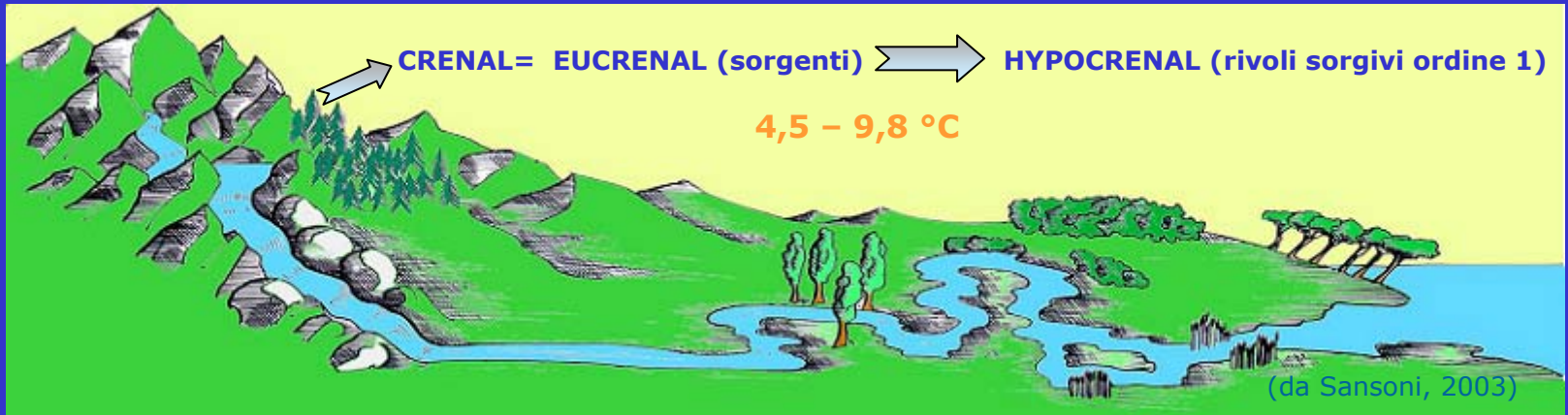
Profilo longitudinale (a) e planimetrico (b) di una sequenza raschi e pozze (*riffle-pool*), la superficie dell'acqua simula le situazioni di piena, morbida e magra (da Dunne e Leopold, 1978, in Allan, 1995, modificato).

# Zonazione delle acque correnti

Fattori morfodinamici  
Temperatura  
Comunità

Ilies e Botosaneanu (1963)

Da Sansoni, 2003 – Introduzione all'ecologia fluviale, modificato



## RHITHRAL

Comunità con specie reofile e stenoterme

### EPIRHITHRAL

### METARHITHRAL

### IPORHITHRAL

Ordine 2

Ordine 3

Ordine 4

Forti pendenze

Alvei più ampi

Minor turbolenza

Roccia, massi e ciottoli.

Massi, ciottoli, ghiaia.

Ciottoli. Ghiaia e sabbia

Briofite (muschi)

Perifiton

temperature 5 - 10 °C

8 - 15 °C

## POTAMAL

Stenoterme fredde e calde

### EPIPOTAMAL

### METAPOTAMAL

### IPOPOTAMAL

Ordine 5

Ordine 6

Ambiente di foce

Scarsa pendenza

Acque lente e torbide

Acque salmastre.

Ghiaie e sabbie

Sabbie e limi

Limi

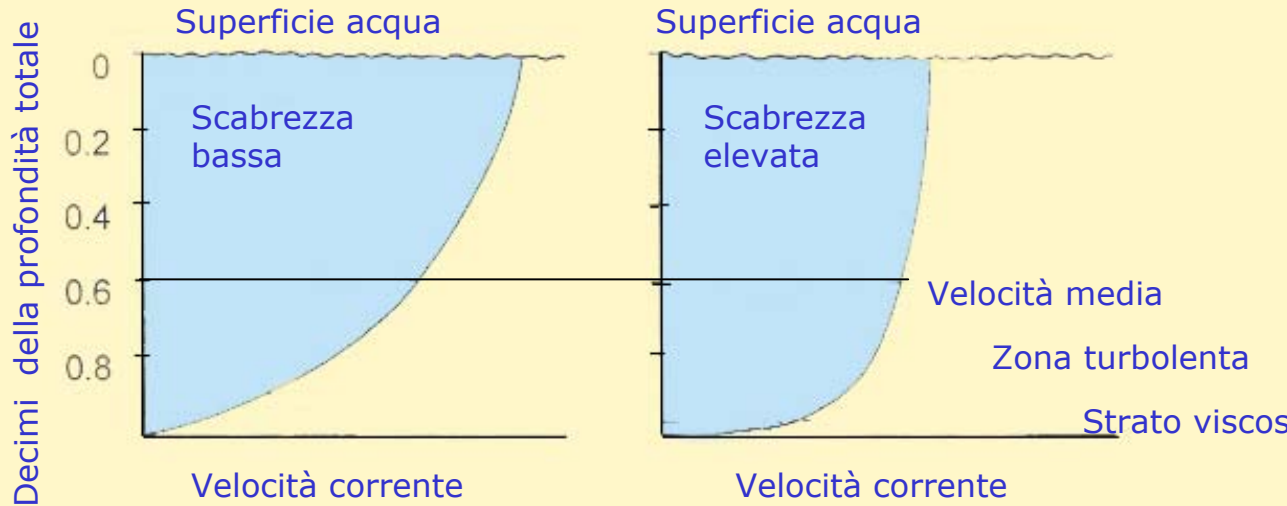
Piante acquatiche

12 - 18 °C

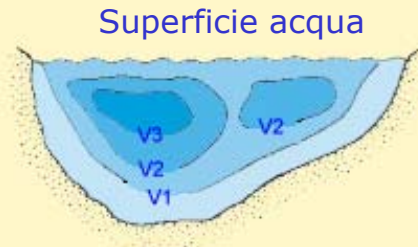
16 - >20 °C

# Gradienti di Velocità In Un corso d'acqua

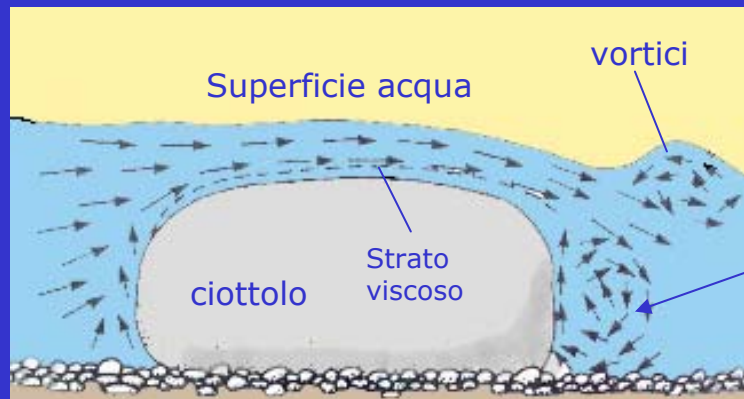
Gradiente di velocità in condizioni di scabrezza bassa ed elevata.



Sezione trasversale di un alveo a basso indice di scabrezza dove sono evidenziati i contorni delle velocità



V3 velocità più elevata  
V1 velocità più bassa



Zona morta

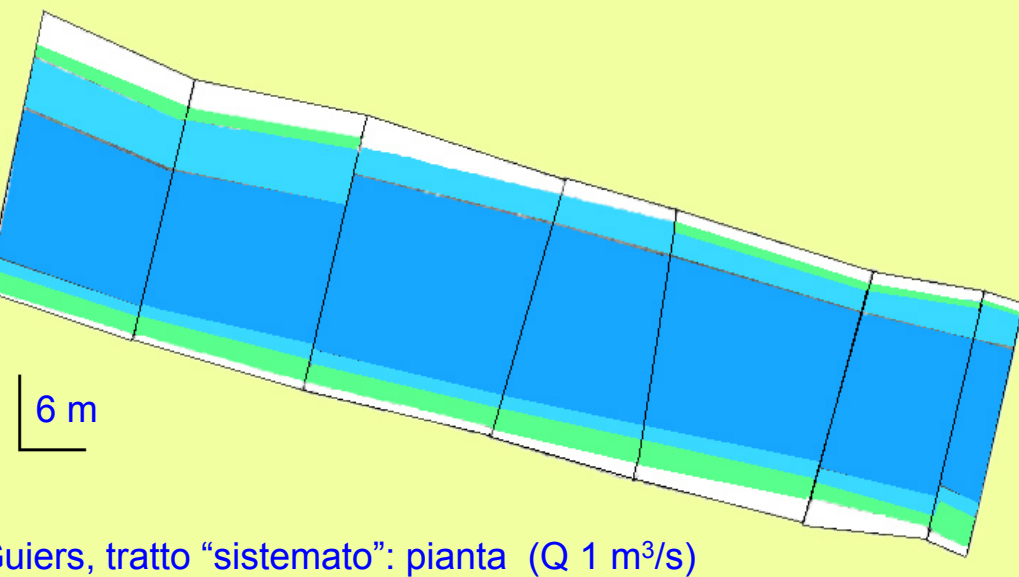
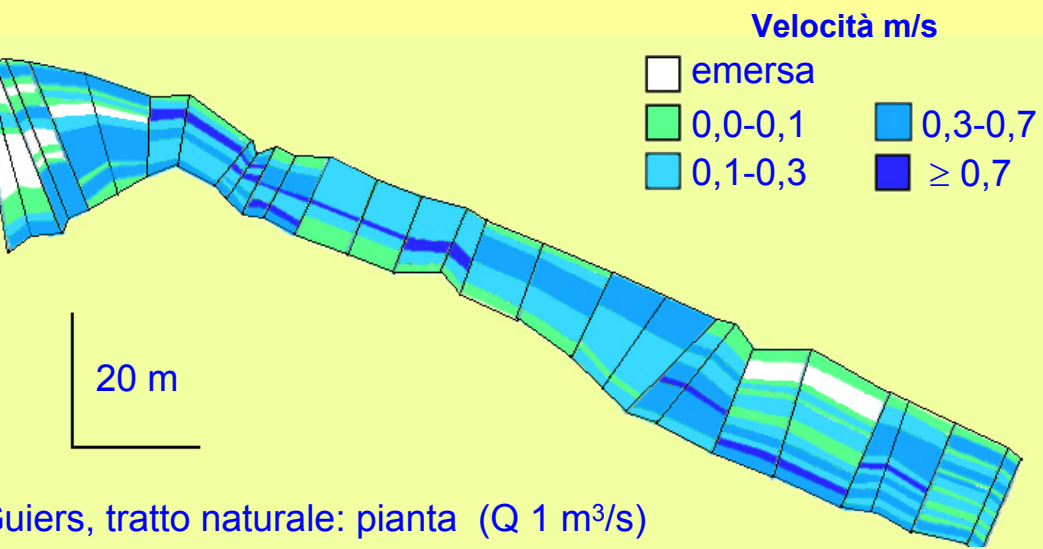
Letto del fiume

Distribuzione dei filetti fluidi all'intorno di un oggetto sommerso (ciottolo)

(da Giller e Malqvist 1998, modificato)

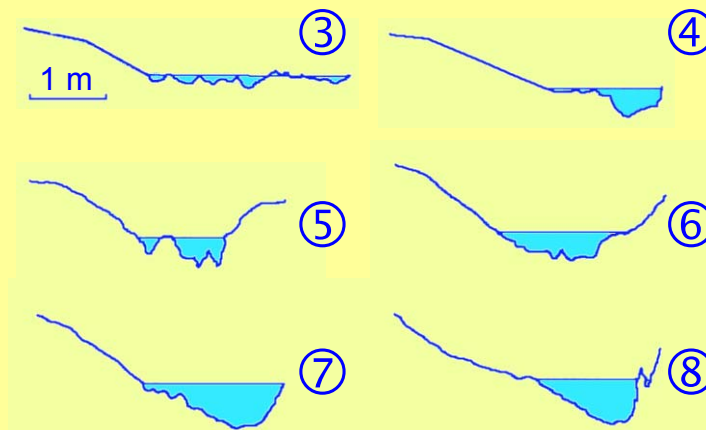
# Diversità ambientale: morfologia e deflusso

## Mappa delle velocità

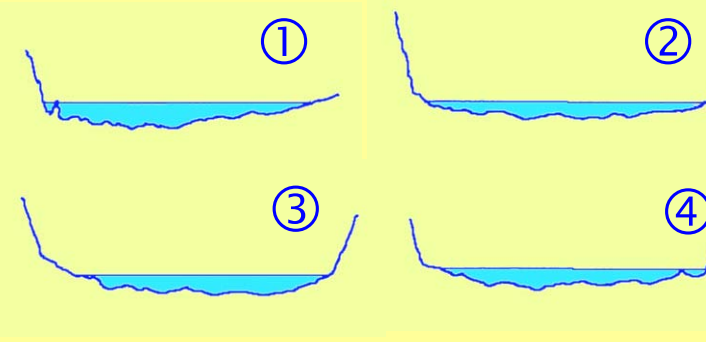


## Transetti

### Guiers, tratto naturale (Q 1 m<sup>3</sup>/s)

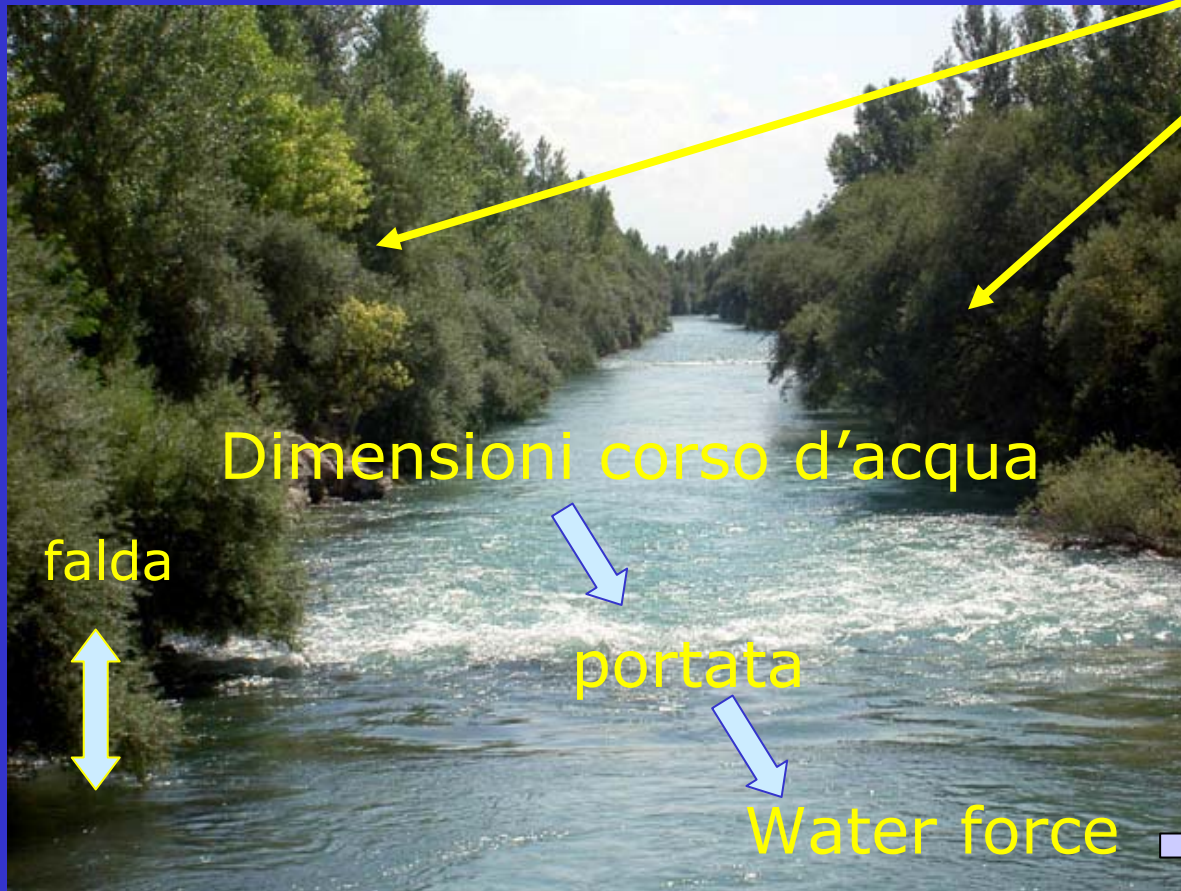


### Guiers, tratto "sistemato" (Q 1 m<sup>3</sup>/s)





# Elemento dominante del paesaggio fluviale: la vegetazione riparia



Torrente Leale, da [www.azshop.it](http://www.azshop.it)

Componente  
ecosistemica a  
dinamicità multipla

Azioni  
meccaniche

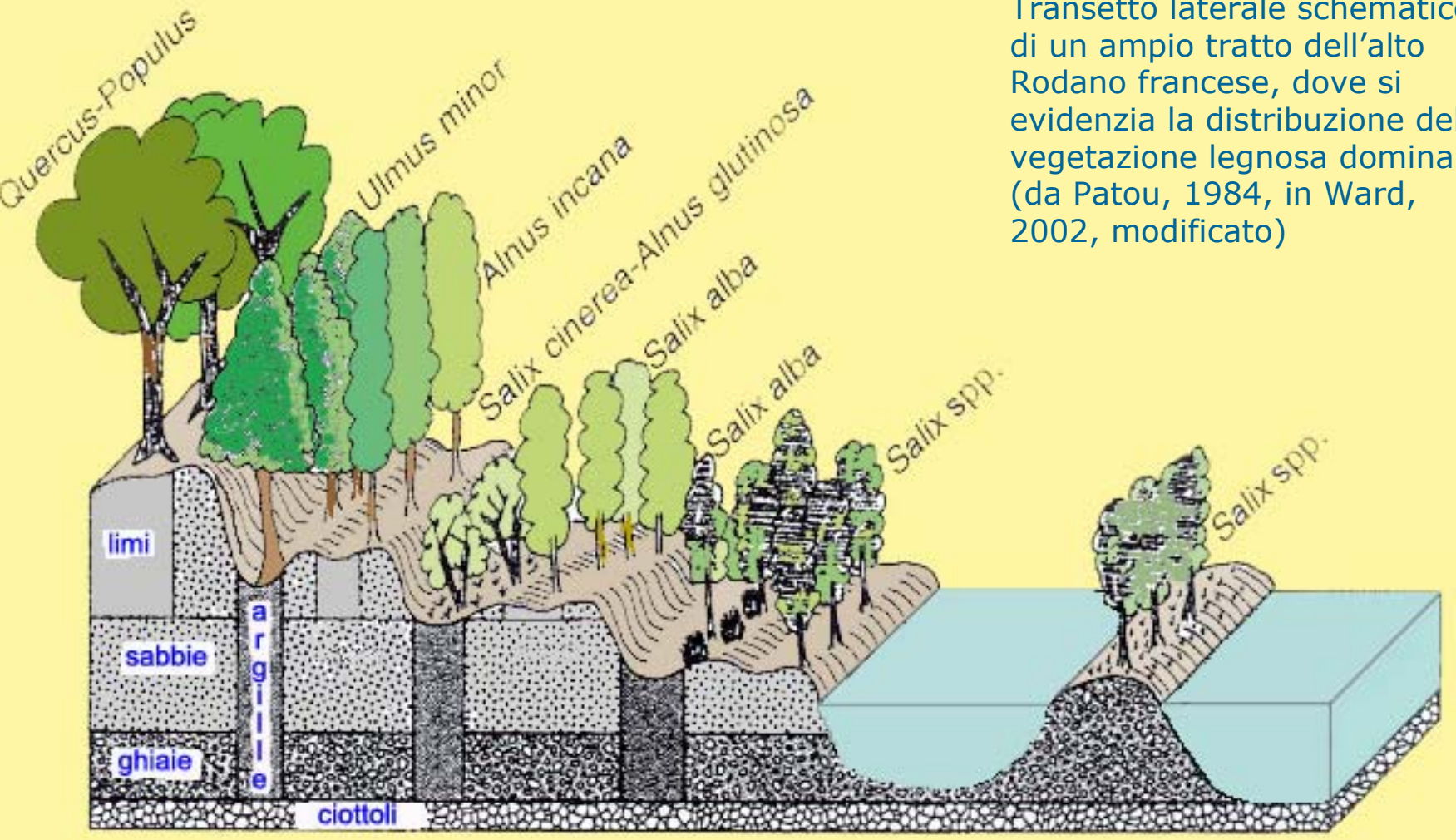
Vegetazione azonale → fattori edafici → paraclimax

# Struttura della zona riparia

1. gradiente climatico
2. frequenza inondazioni
3. turbative ambientali
4. nutrienti



**Mosaico complesso**



Transetto laterale schematico di un ampio tratto dell'alto Rodano francese, dove si evidenzia la distribuzione della vegetazione legnosa dominante (da Patou, 1984, in Ward, 2002, modificato)



# Caratteristiche della Vegetazione Riparia

(da Sansoni, 2003, modificato)

Fascia riparia

(salici, pioppi, ontani)

- **resistenza a sommersione prolungata**
- **resistenza all'asfissia radicale**
- **resistenza alla corrente (flessibilità)**
- **dispersione idrocora di semi e frammenti**
- capacità rigenerativa (radici avventizie)
- esigenze edafiche minime (pioniere)
- strategie riproduttive



Erbacee pioniere di greto



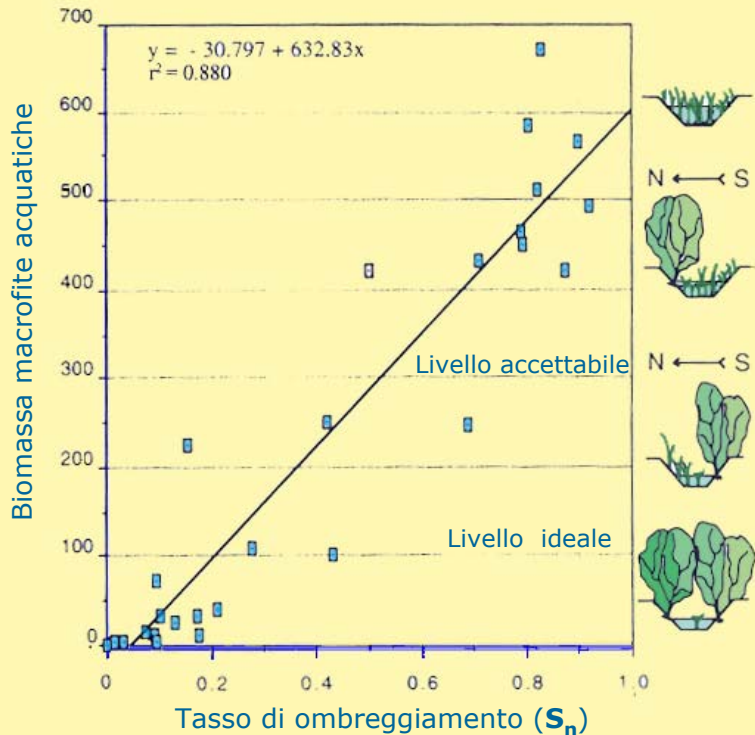
# Funzioni della vegetazione riparia

## Microclima

Contenimento  
sviluppo  
macrofite

Contenimento  
livelli di  
temperatura

Ombreggiamento del corso d'acqua



(da Eiseltova, 1995, modificato)

Riserva di biomassa legnosa

Apporto di materia organica  
da 50 a 900 g p.s.



Rallentamento deflusso acque

Effetti  
dell'ombreggiamento  
sullo sviluppo di  
macrofite.  $S_n$  =  
intensità luminosa  
(irradianza) alla  
superficie  
dell'acqua/irradianza  
all'aperto.

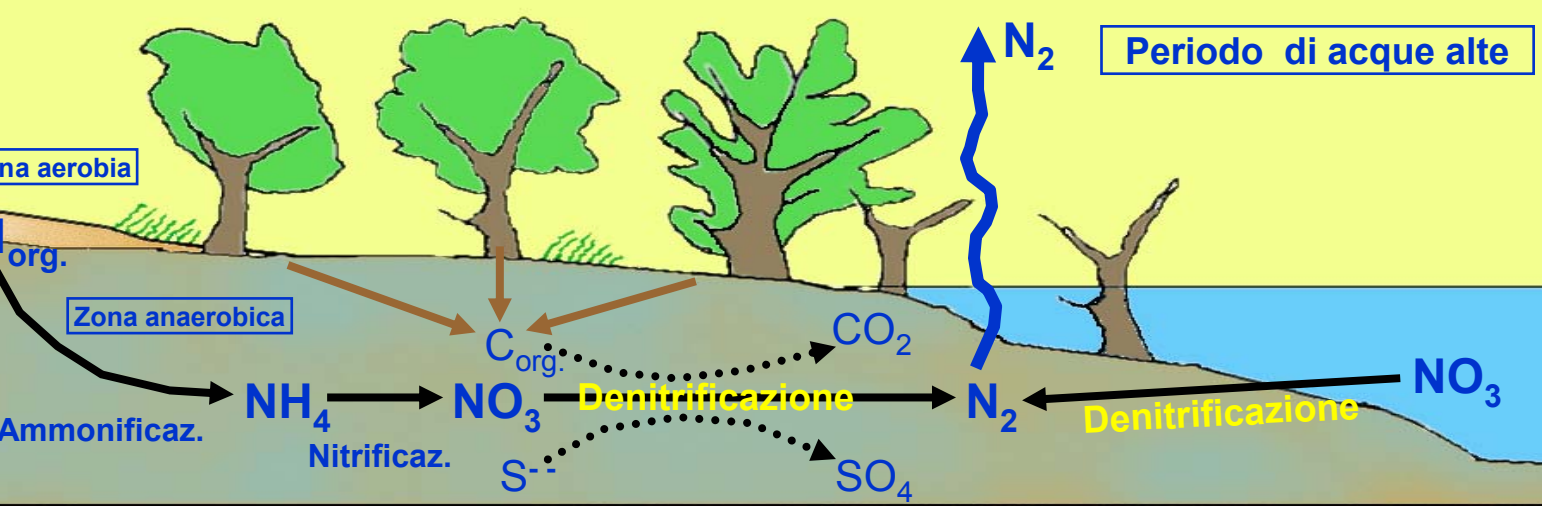
Intrappolamento sedimenti

Stabilità delle rive

# Filtro per nutrienti

## La denitrificazione

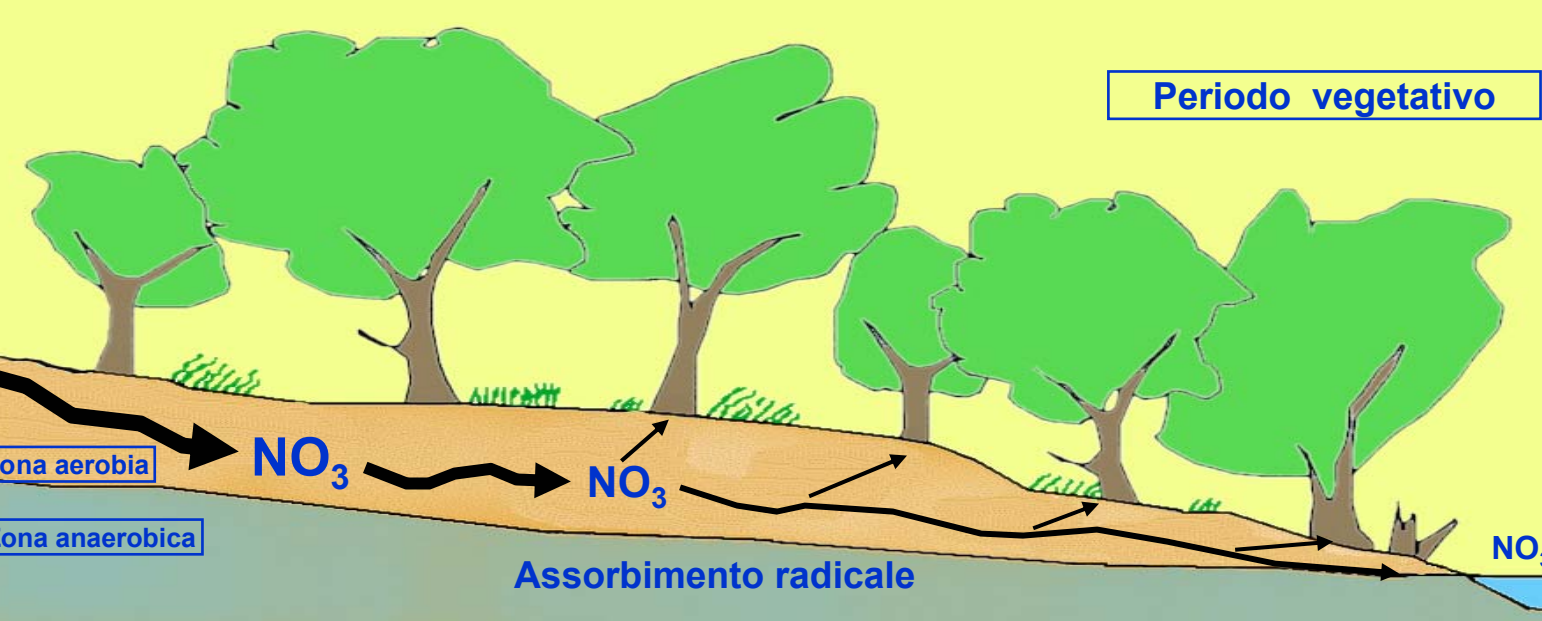
- 1) consumo  $O_2$  (C, S e  $NH_4$ );
- 2) riduzione manganesa
- 3) denitrificazione
- 4) riduzione  $Fe^{+++}$
- 5) riduzione  $SO_4$
- 6) metanogenesi



**Requisiti:**

- 1)  $NO_3$
- 2) anaerobiosi
- 3) C organico

Il ruolo della vegetazione è fornire C organico (lettiera, radici) come fonte energetica e per il mantenimento di un basso redox (consumo  $O_2$ )

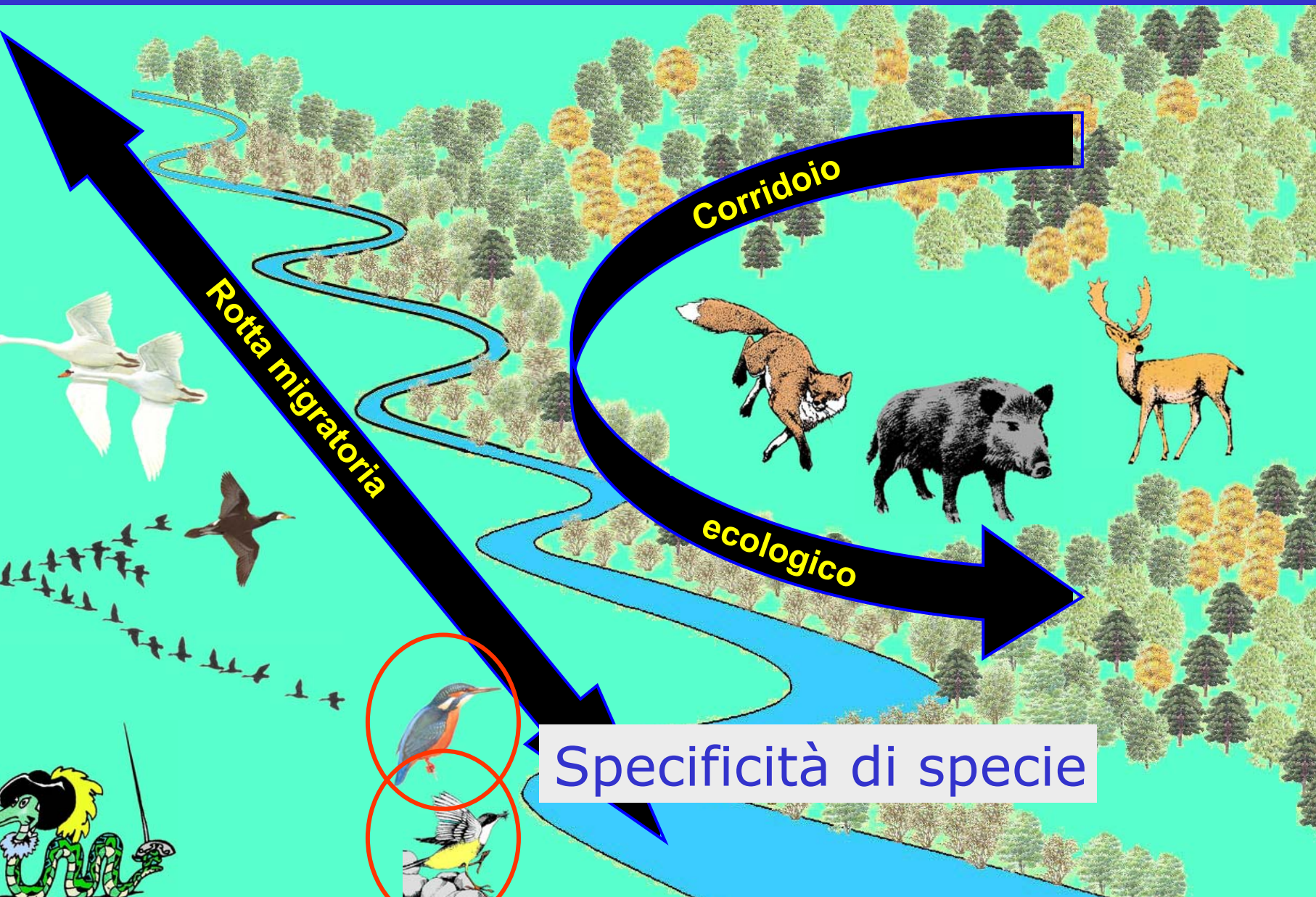




# Habitat per fauna selvatica

Da Sansoni, 2003

Habitat per uccelli, mammiferi, anfibi, rettili (specializzati e da ambienti limitrofi, stanziali e di transito)



# L'ambiente lotico: principali caratteristiche

Intensità degli scambi terra ↔ acqua



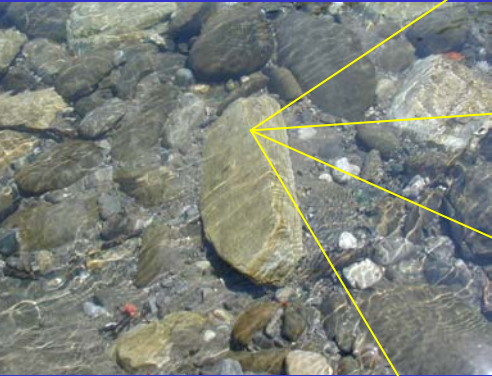
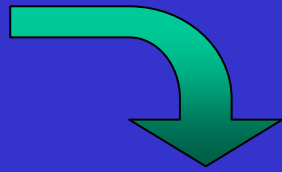
Ecosistema aperto, metabolismo eterotrofo



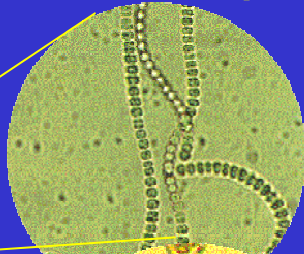
$$(I + P = R + E + D_s)$$



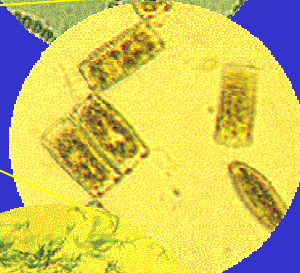
# Gli autotrofi, artefici della produzione primaria attraverso il processo di fotosintesi



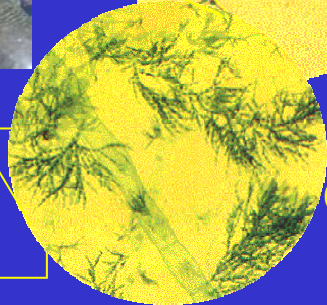
**Periphyton**, massimo fattore della produzione primaria interna



Cianoficee

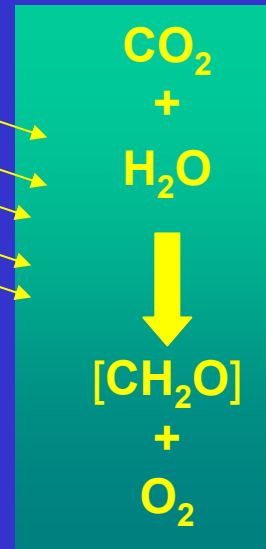
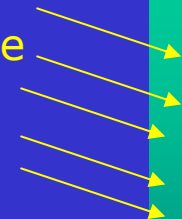


Diatomee

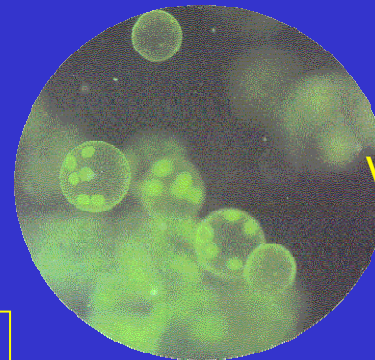


Cloroficee

Irradiazione luminosa



**Macrofite**, dominano il paesaggio sommerso dei tratti intermedi e delle zone stagnanti



Volvox

**Fitoplancton**, riesce ad autosostenersi in condizioni tipiche dei grandi fiumi e nei laghi

# Origine e destino della materia organica grossolana CPOM



DOM



Batteri decompositori

CPOM

Il processo di decomposizione della CPOM coinvolge per primi i microrganismi: la loro aggressione è indispensabile per aprire la strada a macroinvertebrati.



(da Sansoni, 2003, modificato)

F  
O  
P  
M





# Gruppi funzionali alimentari nelle acque correnti

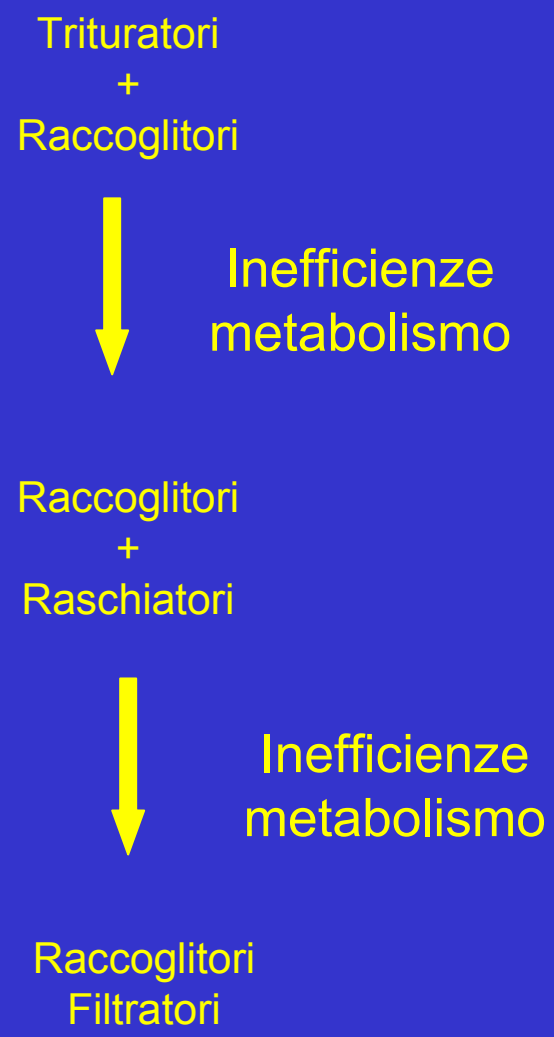
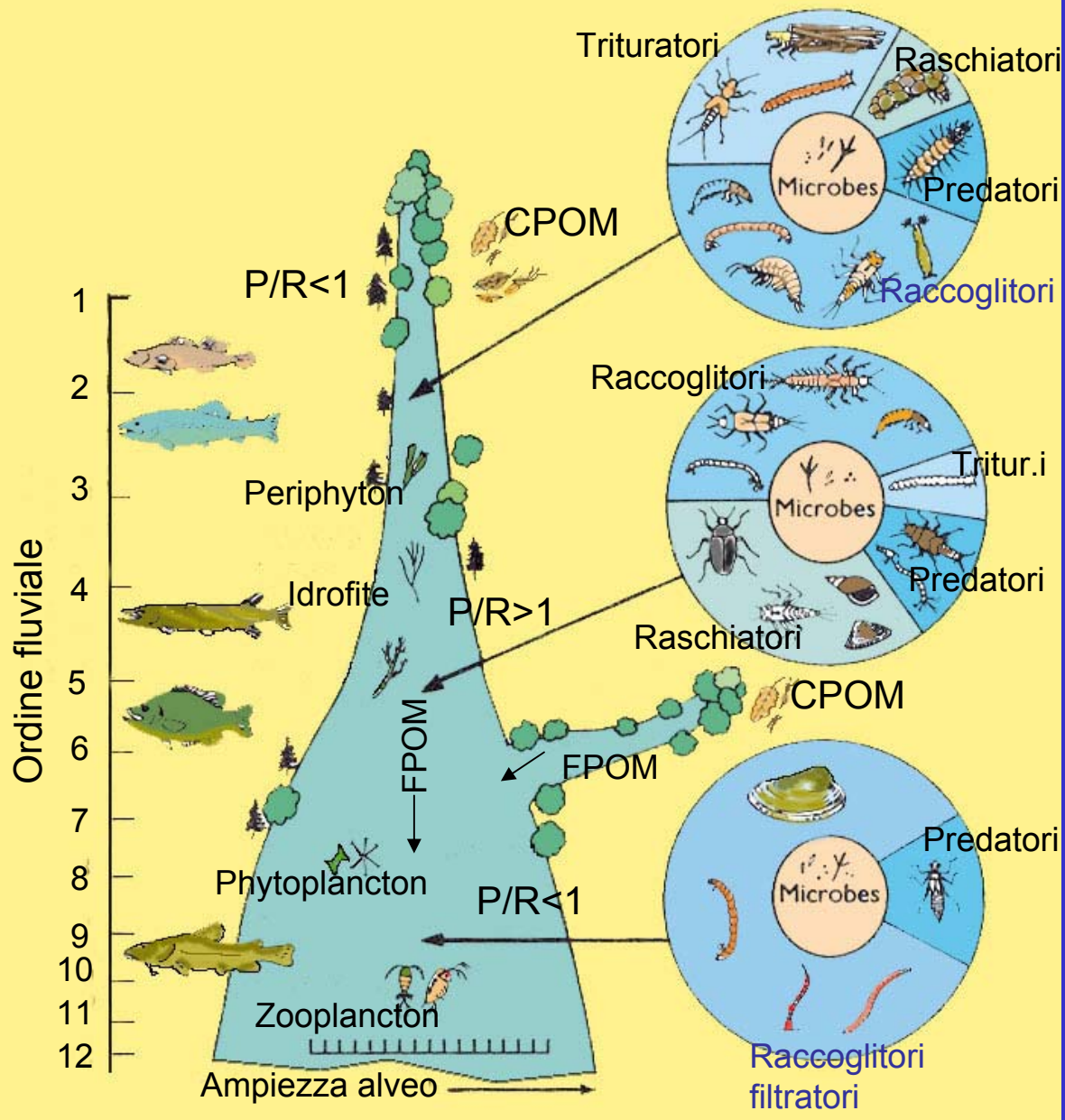
(da Merrit & Cummins, 1996, modificata, in Sansoni, 2000)

## GRUPPI FUNZIONALI ALIMENTARI DI MACROINVERTEBRATI

Gruppi funzionali	Risorse alimentari	Ruolo trofico e modalità d'alimentazione	Esempi
<b>Tricoteri (Tricoptera)</b> (Tricotters)	Foglie (non legno) e microbi associati  Macrofite	<b>Detritivori</b> - masticatori	Alcune larve di tricoteri, stadi giovanili di plecoteri, anfipodi, isopodi
<b>Scavatori (Amphipoda)</b> (Scavengers)	Materiali legnosi	<b>Erbivori - masticatori, minatori</b>  <b>Detritivori</b> - scavatori, minatori	Larve di ditteri acquatiche  Alcune larve di ditteri, di coleotteri e di tricoteri
<b>Collettori filtratori (Filter feeders)</b> (Filterers)	Particolato fine sospeso e microbi associati	<b>Detritivori</b> - apparati filtranti	Reti filate da larve di tricoteri; bivalvi; larve di simulidi
<b>Collettori raccoglitori (Collector gatherers)</b> (Collectors)	Particolato fine sedimentato e microbi associati	<b>Detritivori - brucatori della superficie dei sedimenti</b>	Molte larve di efemerotteri e di ditteri
<b>Raschiatori (Scraper)</b> (Scrapers)	Alghe del perifiton e microfauna associata	<b>Erbivori</b> - raschiatori e raspatori	Alcune larve di efemerotteri, tricoteri e gasteropodi
<b>Perforatori (Perforator)</b> (Perforators)	Macrofite	<b>Erbivori</b> - perforatori	Alcune larve di tricoteri
<b>Predatori (Predator)</b> (Predators)	Prede animali	<b>Carnivori</b> - morsicatori, perforatori	Alcune larve di plecoteri, odonati, tricoteri, coleotteri e ditteri



# River continuum concept



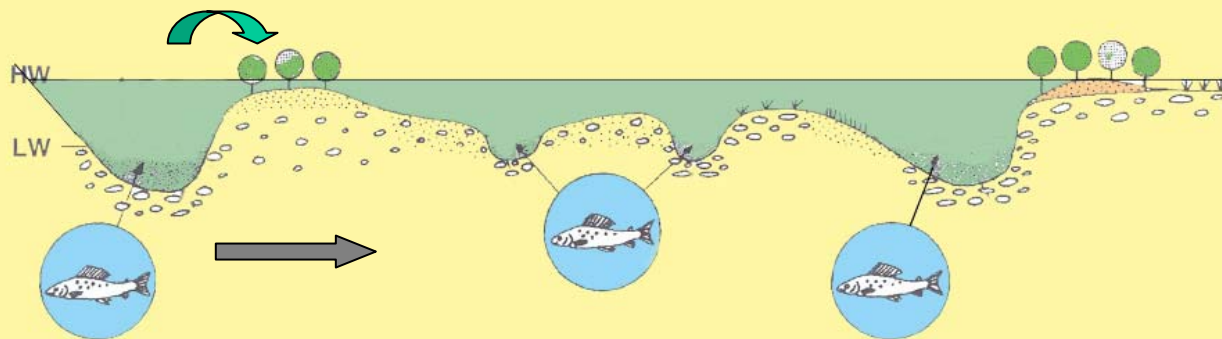
# Flood pulse concept un complemento al RCC

(Junk *et al.*, 1989)

## Piana inondabile portata ordinaria



## Piana inondabile periodo di piena

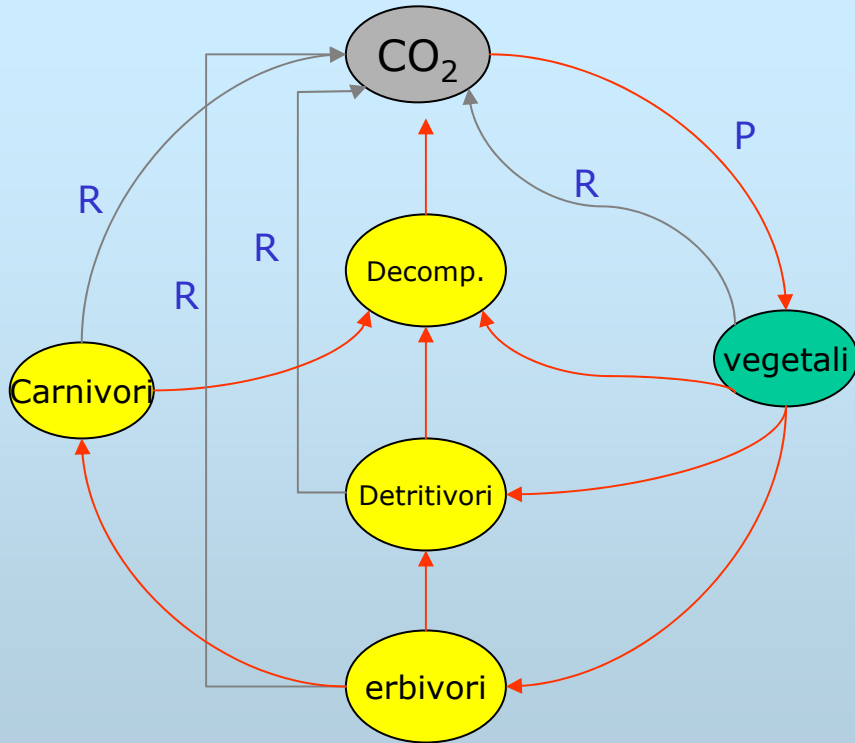


**Migrazioni trofiche e riproduttive**

il pulsare delle portate costituisce la forza più importante in grado di controllare il biota nelle piane inondabili. Gli scambi laterali tra la pianura e l'alveo e la ciclizzazione dei nutrienti all'interno della piana ha un effetto maggiore sul biota rispetto al *nutrient spiralling* del RCC.

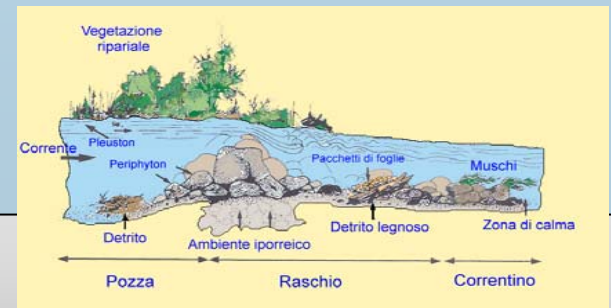
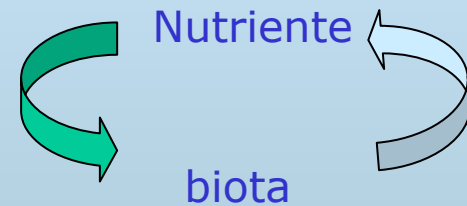
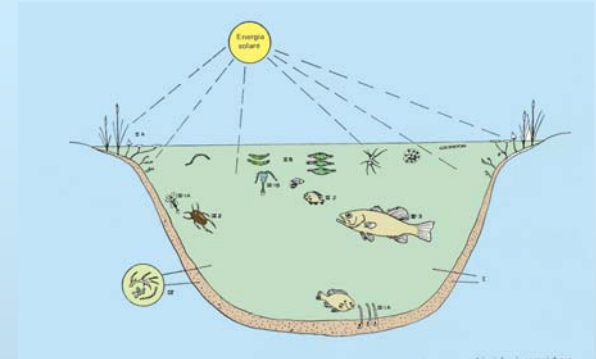
# Ciclizzazione dei nutrienti

(da Siligardi *et al.*, 2000, modificato)



Esempio schematico del ciclo della materia per il carbonio (CO<sub>2</sub>), dove R=respirazione e P=fotosintesi

In ambiente lentico in situ



Più rapido

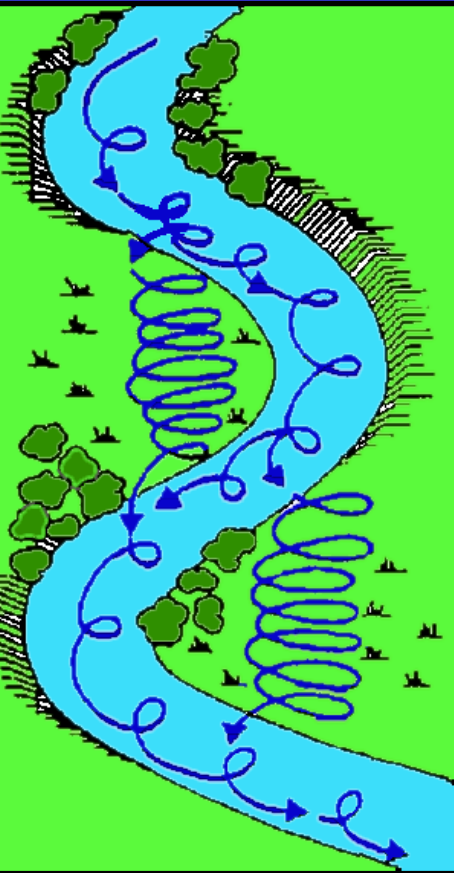


Più lento

In ambiente lotico in movimento



# Spiralizzazione dei nutrienti (*Nutrient spiralling*)



Dispositivi di ritenzione della materia organica: pozze, zone di calma, massi, tronchi.

Bassa ritenzione → scarsa depurazione

Bassa attività biologica → scarsa depurazione

La spiralizzazione dei nutrienti è limitata al corso d'acqua, e prosegue nell'adiacente ambiente terrestre, periodicamente inondato.

MECCANISMI		CICLIZZAZIONE		RISPOSTA dell'ecosistema all'apporto di nutrienti	STABILITÀ ecosistema
Attività	Ritenzione	Tasso	Distanza fra spire		
Alta	Alta	Veloce	Corta	Conservativo (I > E)	Alta
Bassa	Alta	Lento	Corta	Accumulatore (I > E)	Alta
Alta	Bassa	Veloce	Lunga	Conservativo intermedio	Bassa
Bassa	Bassa	Lento	Lunga	Esportatore (I = E)	Bassa



# Habitat e dispositivi di ritenzione nell'ambiente fluviale

