Základy hydrobiologie II.

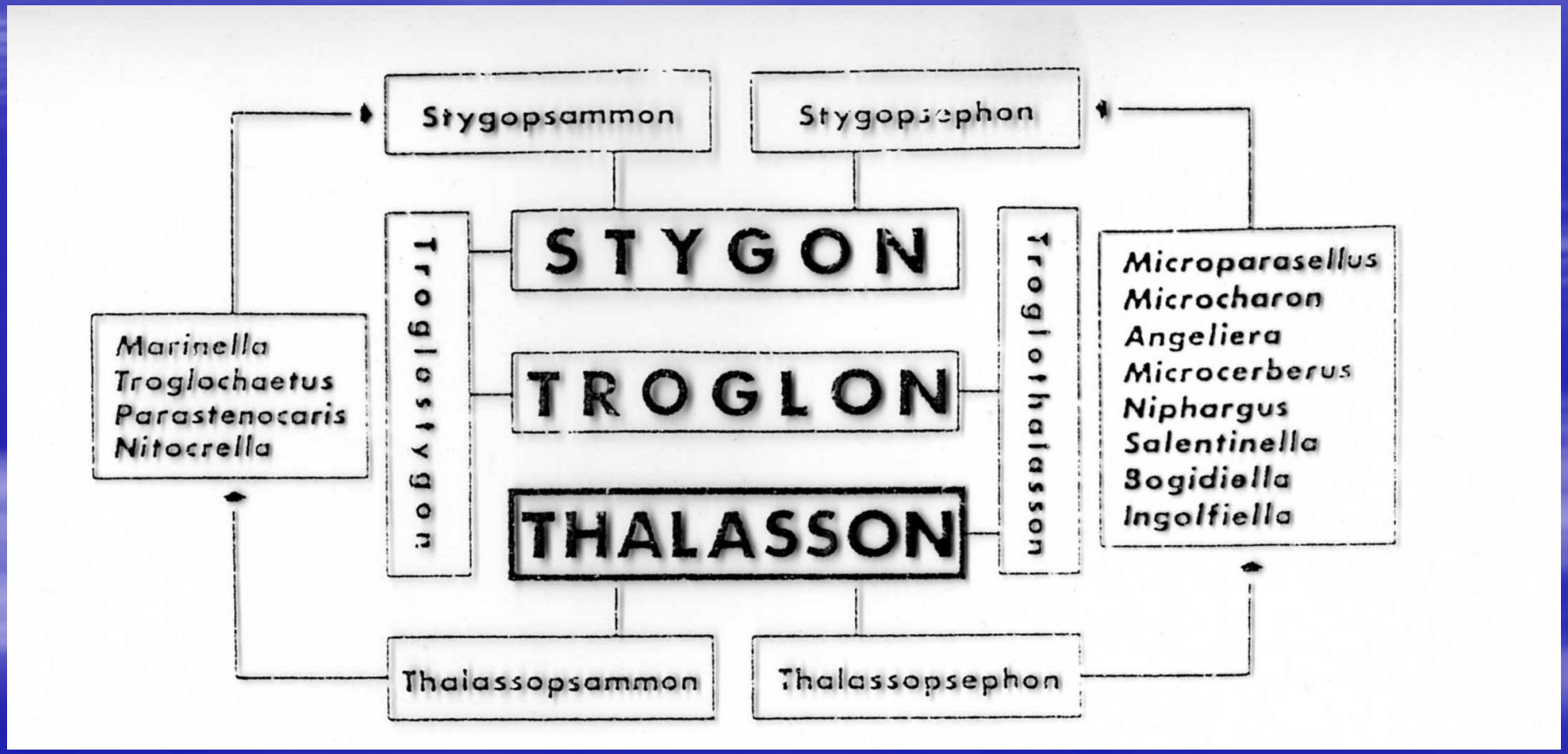
Ekosystémy – části ekosystémů

Jan Helešic

(Eko) Systémový přístup

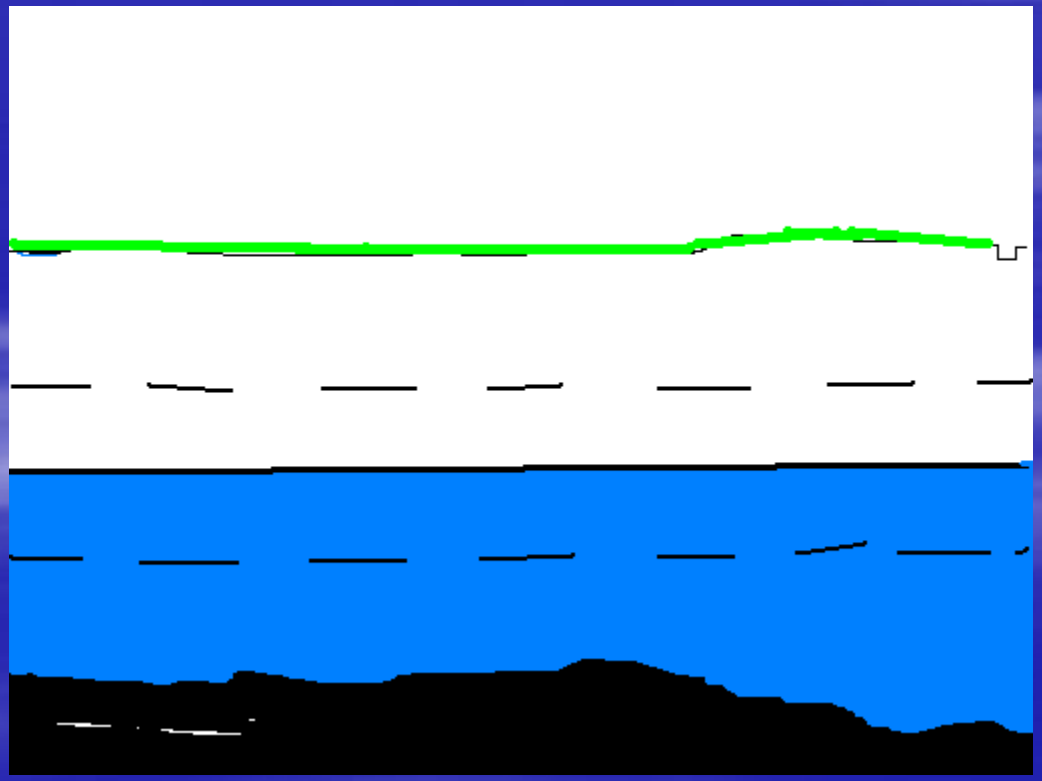
- Podzemní vody
  - Prameny
  - Hyporheal
- Tekoucí vody
- Stojaté vody
  - Jezera
  - Poříční tůně
  - Umělé nádrže
- Mokřady

Podzemní vody – stygon (al), phreaton (al) – phreatic system



Podzemní vody – základní charakteristiky

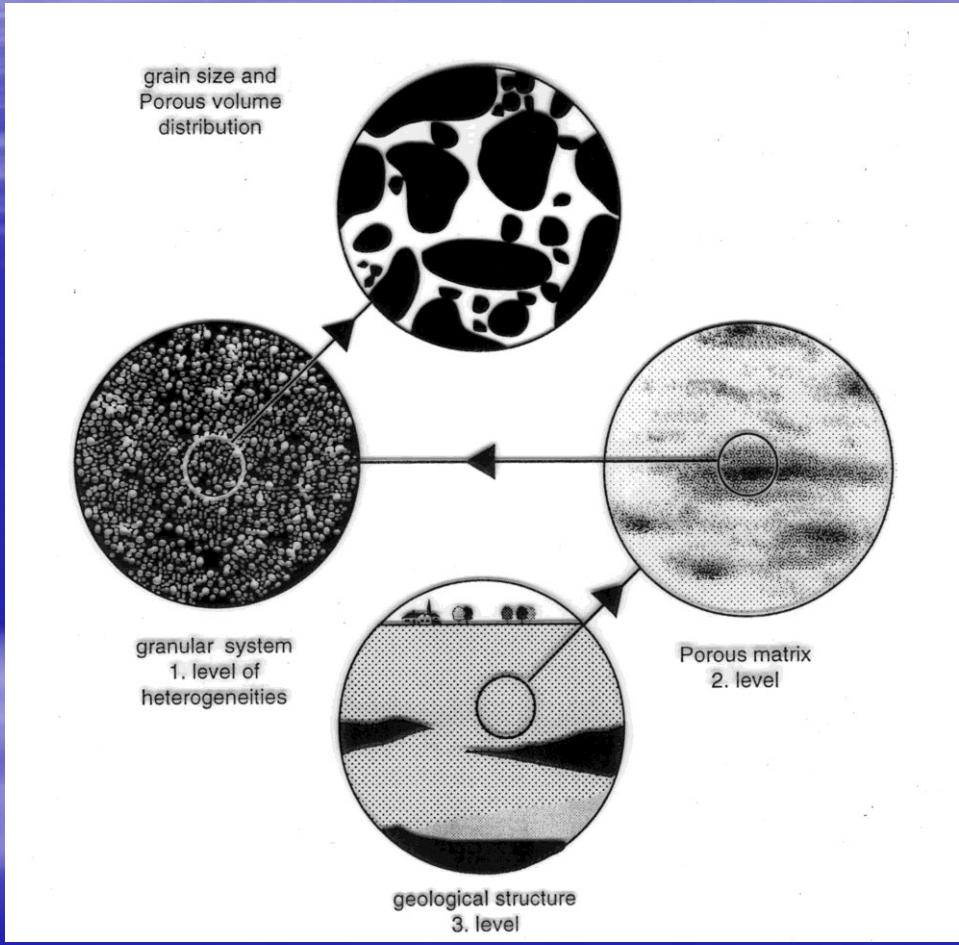
- Zvodeň – aquifer
- Zóna saturace

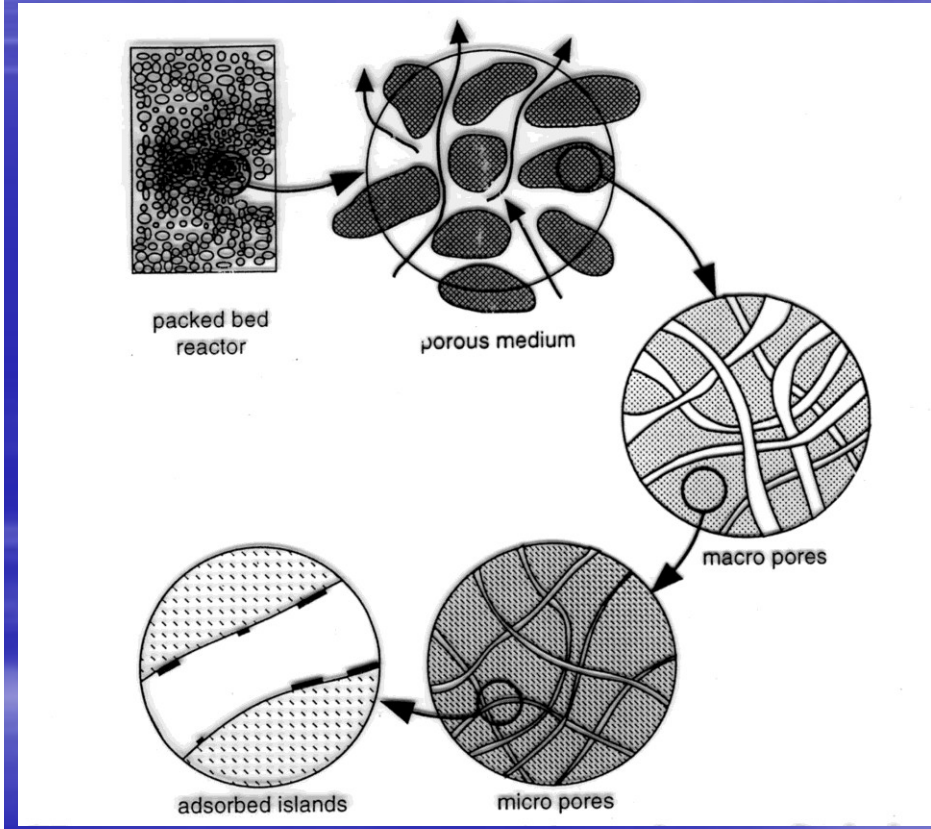


Zóna saturace

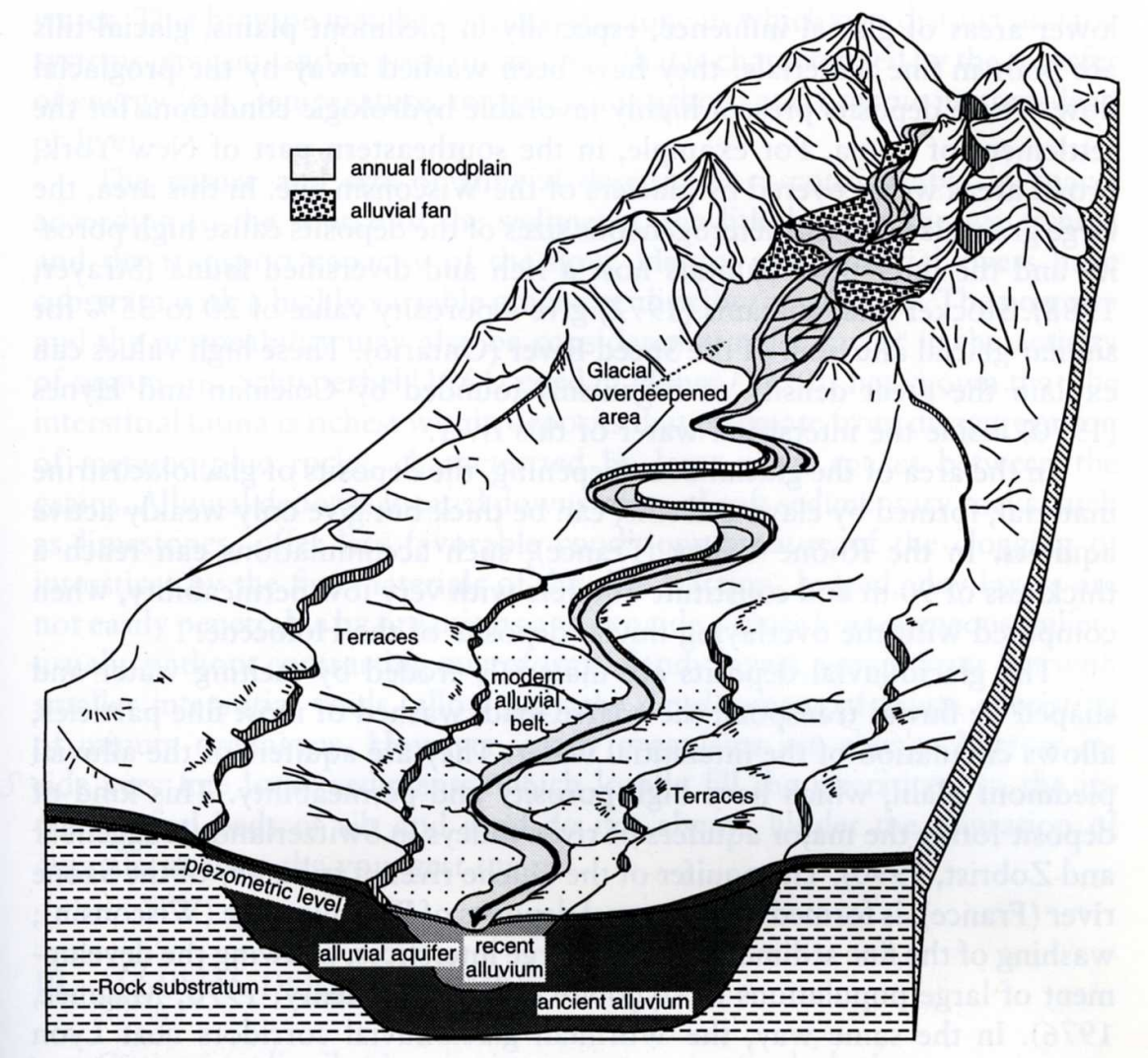
Hranice zvodně

Průlinové a puklinové prostředí





Kvartérní sedimenty – aluvia řek



Krasové systémy

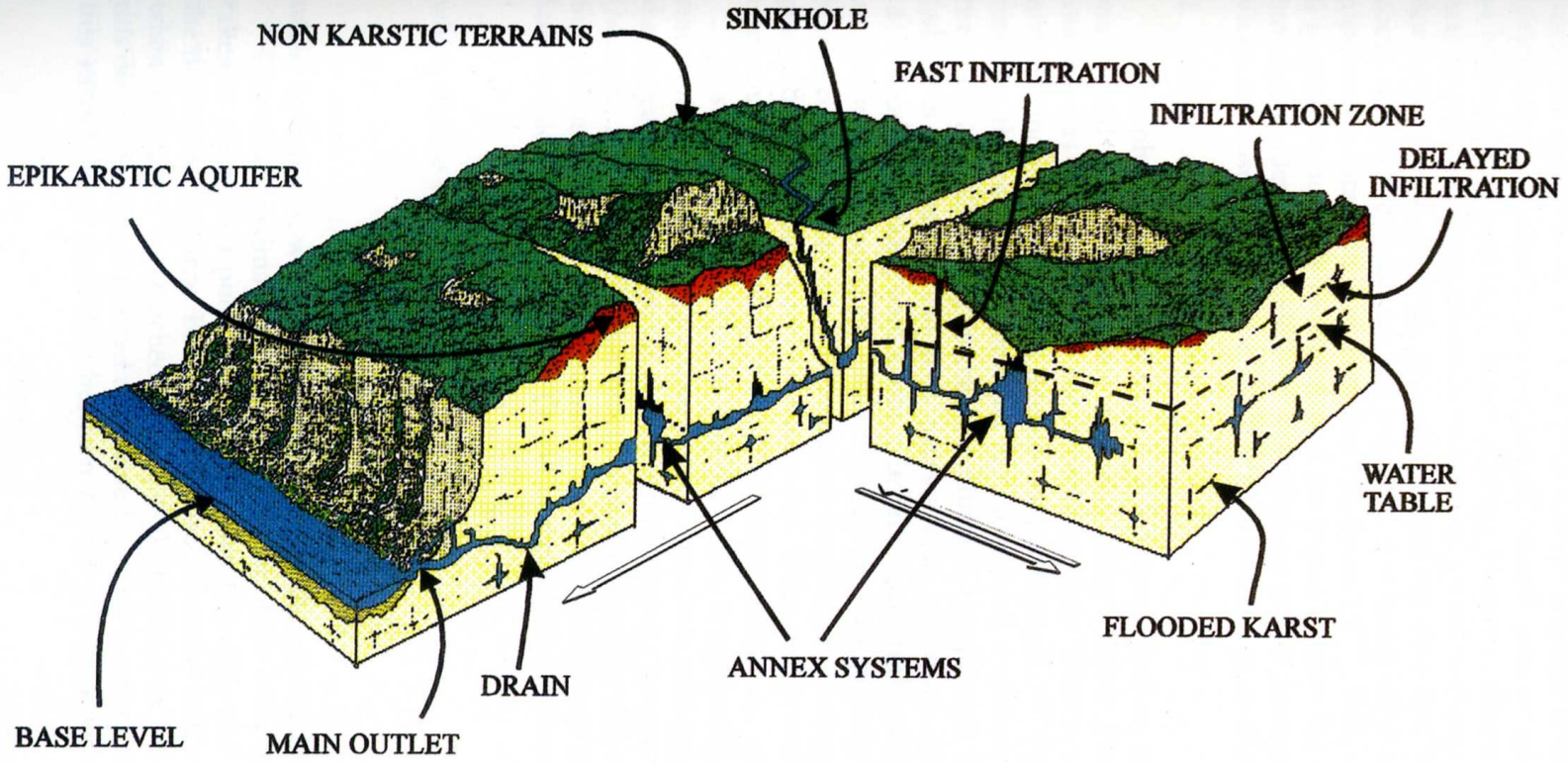
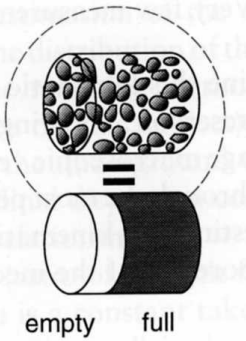
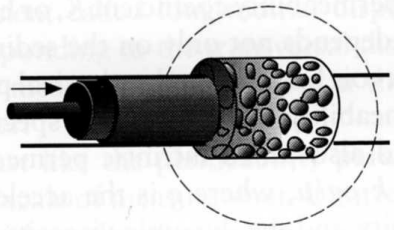


FIGURE 5 Representation of a karstic system.

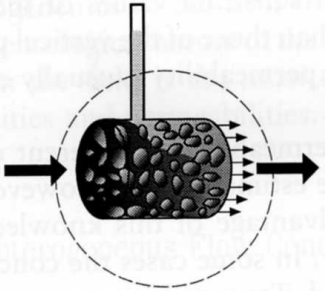
Porosita, permeabilita, dispersivita, koeficient infiltrace



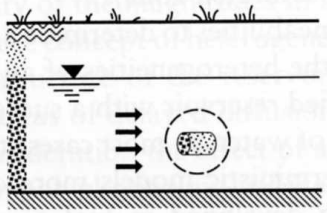
POROSITY, necessary
"to determine the available **volume** for the water between the grains"
(defines the **content** of the reservoir)



PERMEABILITY, necessary
"to determine the pressure to be exerted to overcome the resistance offered by the solid matrix to the movement of the water"
(defines the **flux** through the reservoir)



DISPERSIVITY, necessary
"to determine the capacity of the matrix to generate mixing of waters of different compositions"
(defines the **dispersion** in the reservoir)

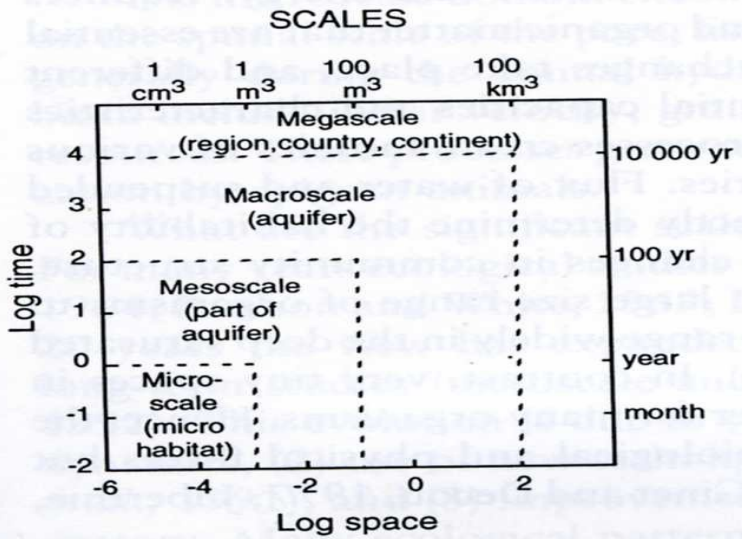


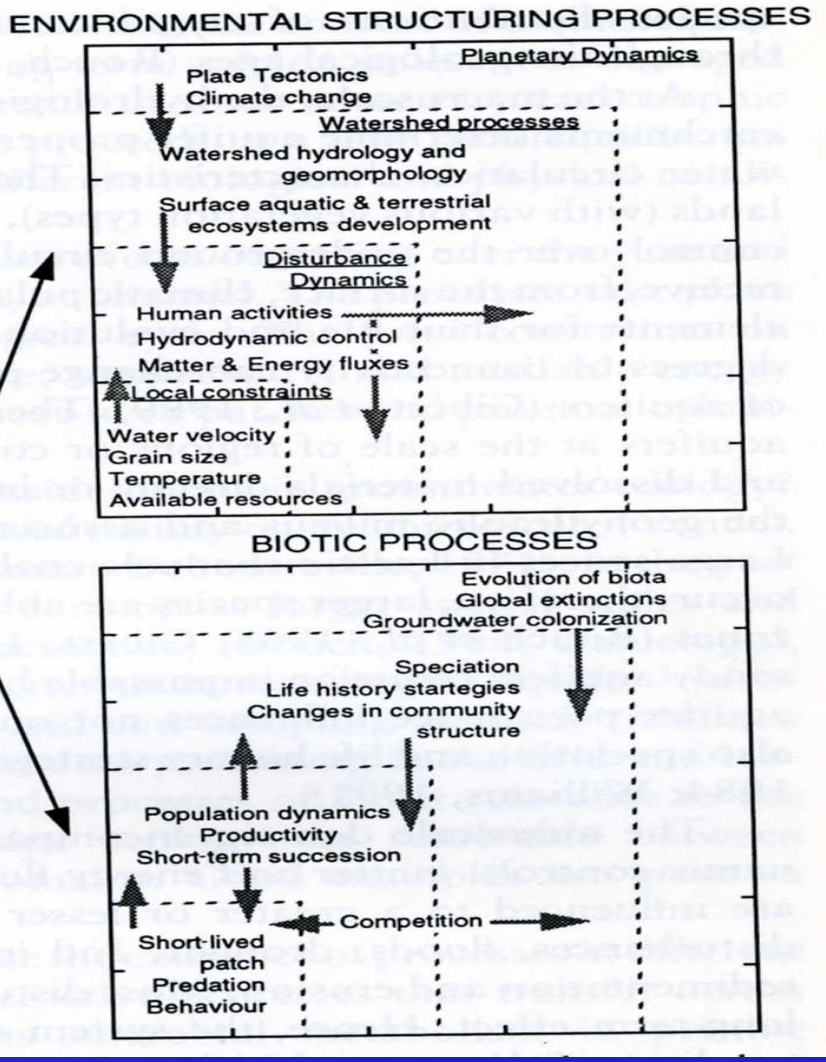
THE AQUIFER : a "filter" (porous medium) ?

THE UNDERGROUND WATER : a transport "vector"

Rychlosti proudění: mm/s až cm/s. Průtok: ml – l/s, krasové systémy m^3/s.
Pomocná metoda – měření vydatnosti vrtu (l/s)

Časo-prostorová škála a rychlost procesů





Základní vlastnosti

- Podmínky
  - relativně stalá teplota vody (kopíruje průměrnou teplotu na povrchu)
  - omezený prostor (výjimka krasy)
  - relativně stalé chemické složení vody a vyšší mineralizace
  - nízký obsah kyslíku (max. jednotky mg/l), relativně vyšší obsah oxidu uhličitého
- Zdroje
  - chybí světlo
  - omezený vstup organických látek jen FPOM, UFPOM a hlavně POM (výjimka kras)

Podmínky - prostor

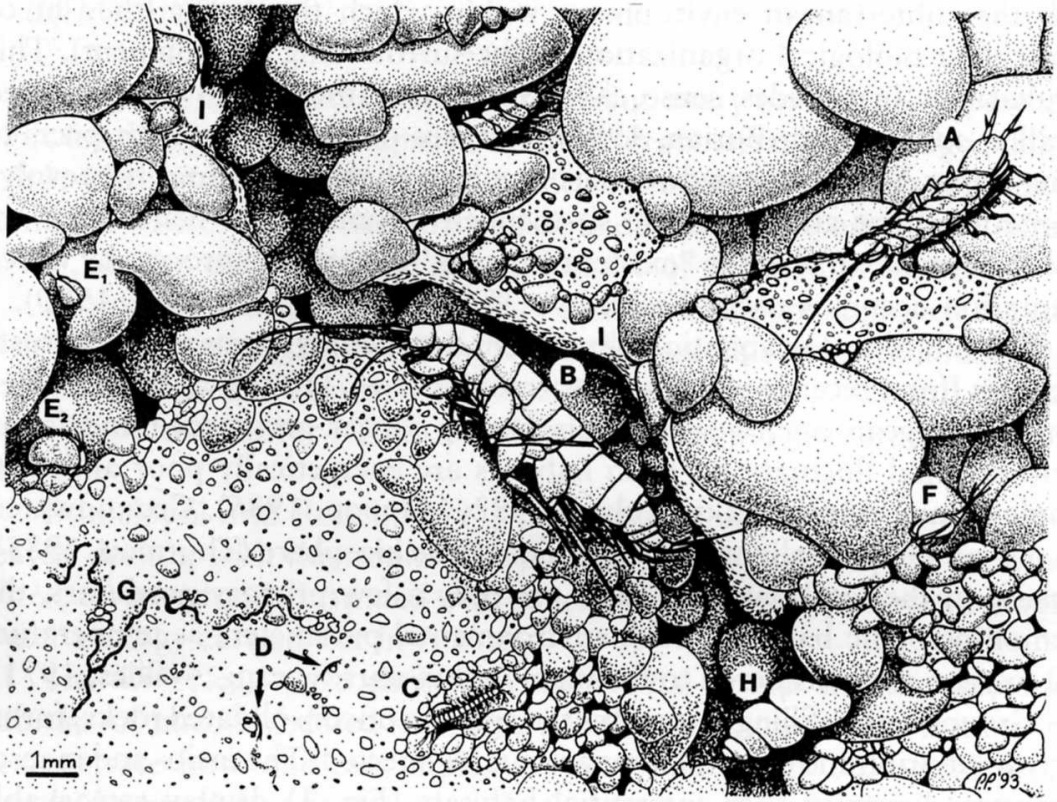
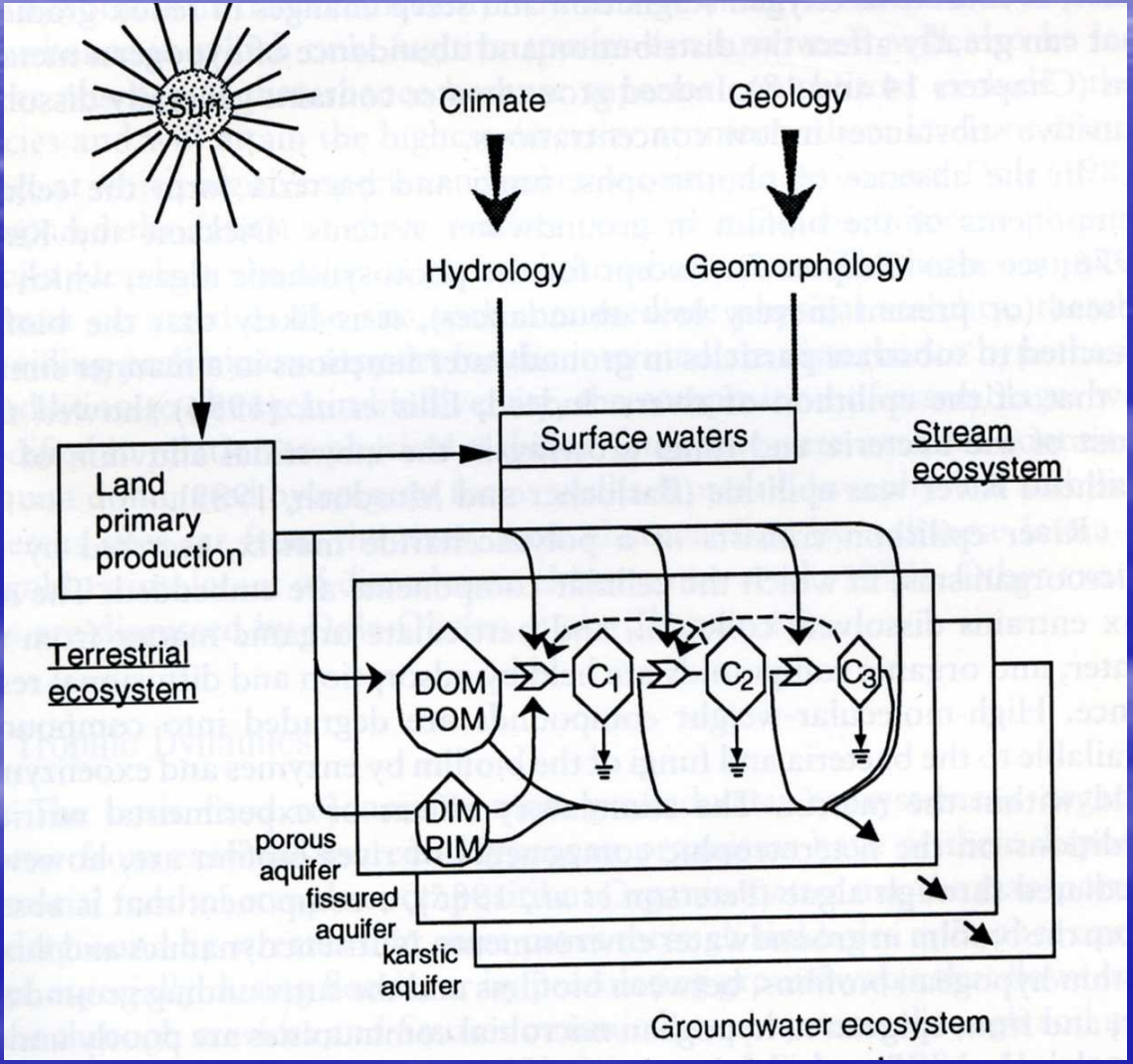


FIGURE 1 The interstitial habitat and some of the subterranean-dwelling organisms. Diagram composed, mainly, after video pictures taken in the Lobau miniaquifer. A, *Proasellus slavus* (Isopoda); B, *Niphargus* sp. (Amphipoda); C, *Bathynella* sp. (Syncarida); D, *Parastenocaris* sp. (Copepoda, Harpacticoida); E_1,E_2, *Cryptocandona kieferi* and *Kovalevskiella* sp. (Ostracoda); F, *Acanthocyclops gmeineri* (Copepoda, Cyclopoida); G, Oligochaeta; H, *Bythiospeum* sp. (Gastropoda); I, bacterial biofilm.

Zdroje – organická hmota



Adaptace organismů

- Chybí světločivné orgány – zakrnělé nebo chybějící oči
- Není nutný pigmentovaný tělní pokryv – organismy jsou bezbarvé nebo bílé
- Prodloužené tělo, často bičíky
- Nízká pohyblivost, adaptace na nízký obsah kyslíku
- Chemotaktilní orgány – brvy, štětiny atd.
- Feromonová komunikace
- V rozmnožovacím cyklu není zpravidla sezónnost
- Všežravci (sběrači a seškrabávači) a predátoři

Organismy podzemních vod

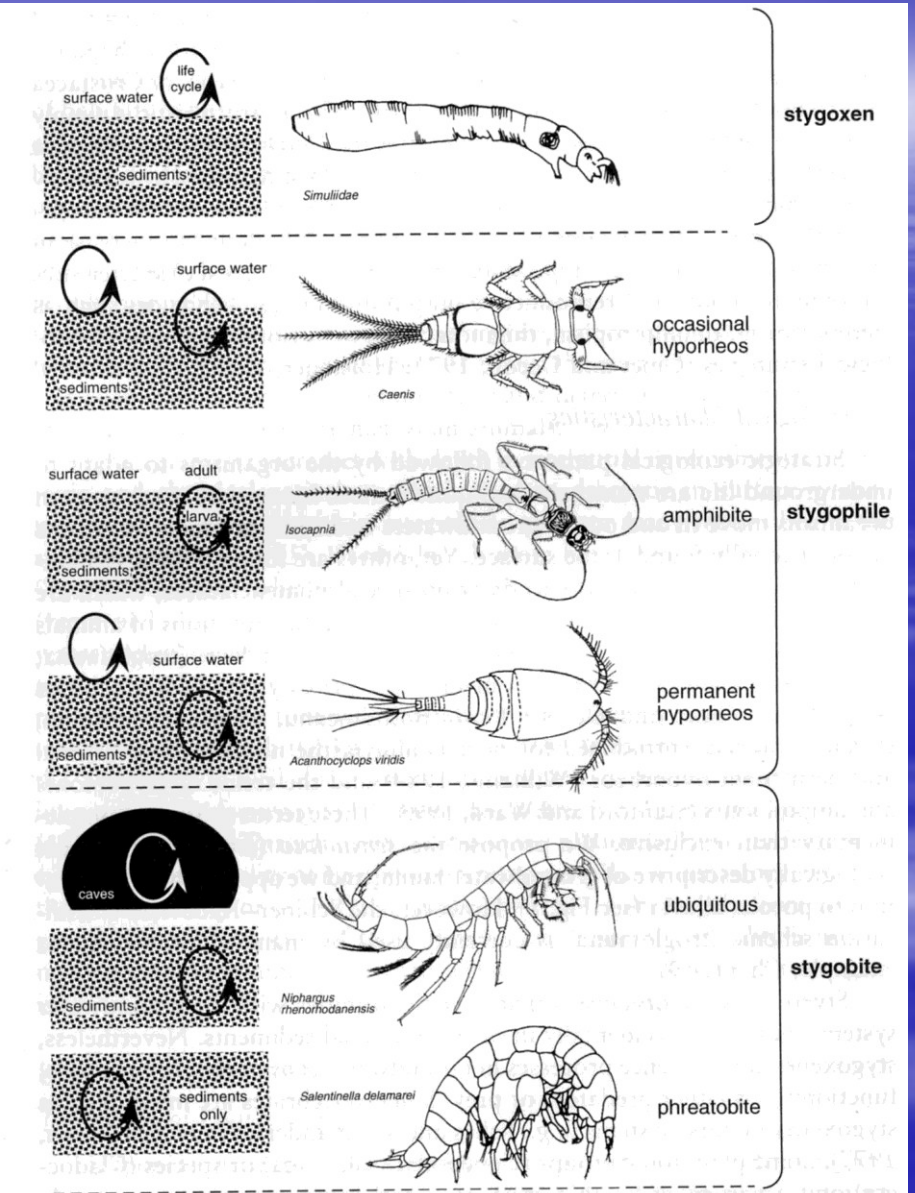
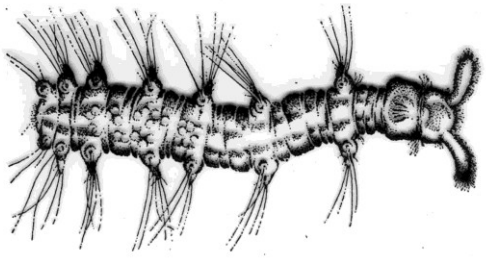
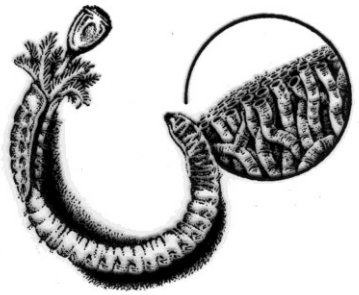


FIGURE 1 A classification of groundwater fauna based on its phenology and its presence or absence in various groundwater environments.

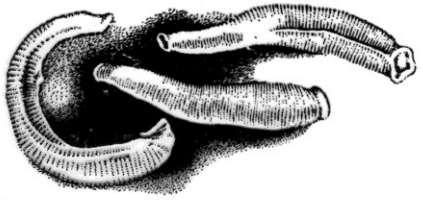
Stygo-phreatobionti



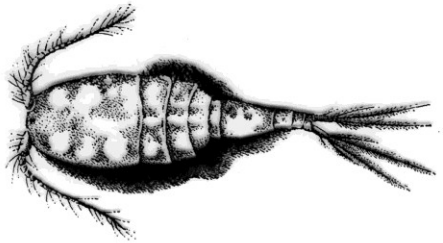
Troglochaetus beranecki, vzácný případ mnohoštětinatého červa, který v třetihorách přešel z moří do podzemních vod. Žije i v Československu



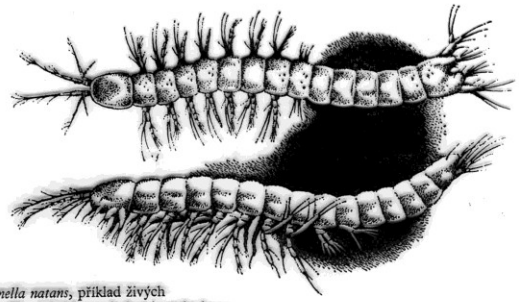
Marifugia cavatica, mnohoštětinatec z jeskyní dinárského krasu. V kroužku vápenaté schránky, v nichž červ žije



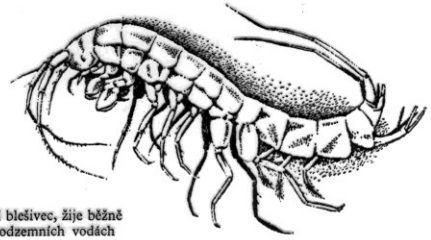
Dina absoloni, podzemní pijavice z dinárského krasu



Acanthocyclops sensitivus, podzemní druh buchanek z evropských freatických vod. Nedávno jsme ho zjistili v poříčních podzemních vodách Dunaje u Bratislavy

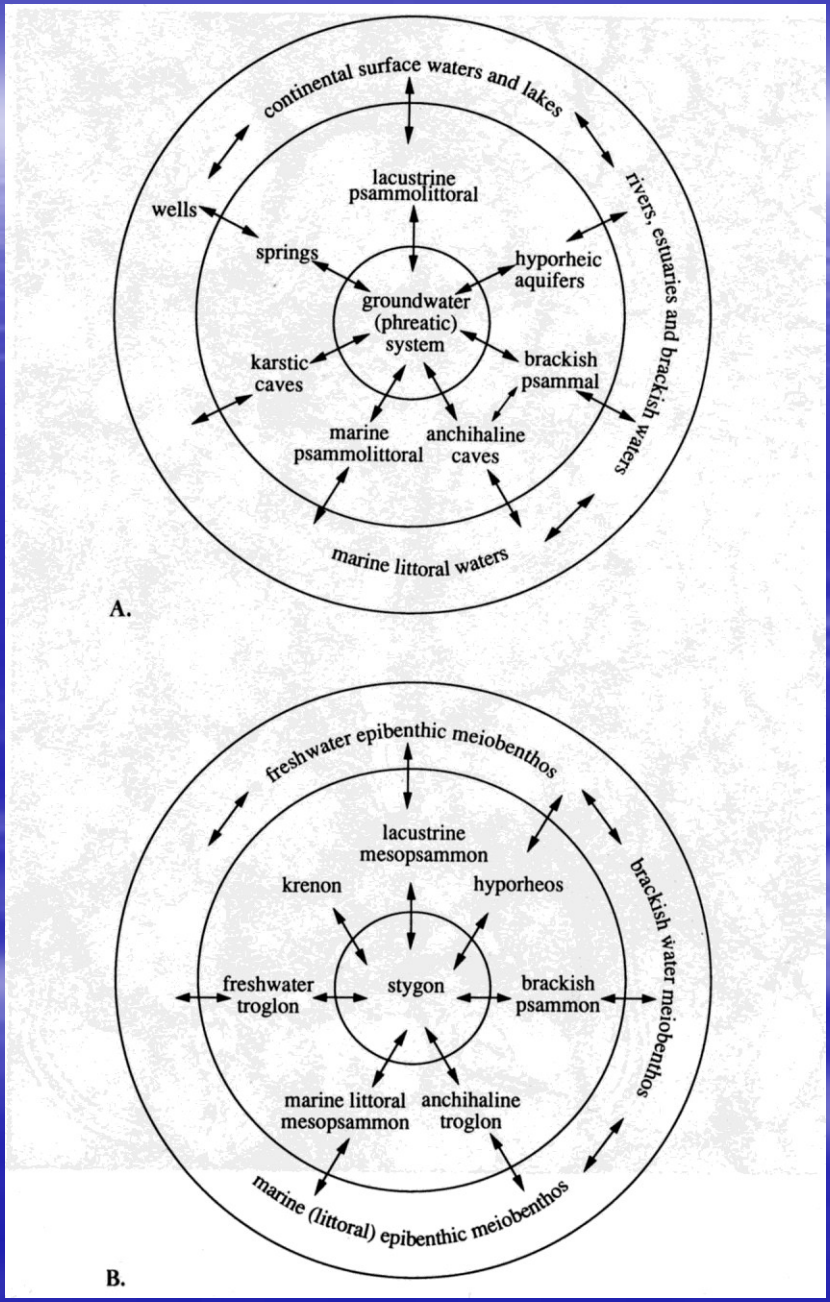


Bathynella natans, příklad živých zkamenělin, jejichž starobylost je způsobena



Niphargus, studniční blešivec, žije běžně v našich různých podzemních vodách

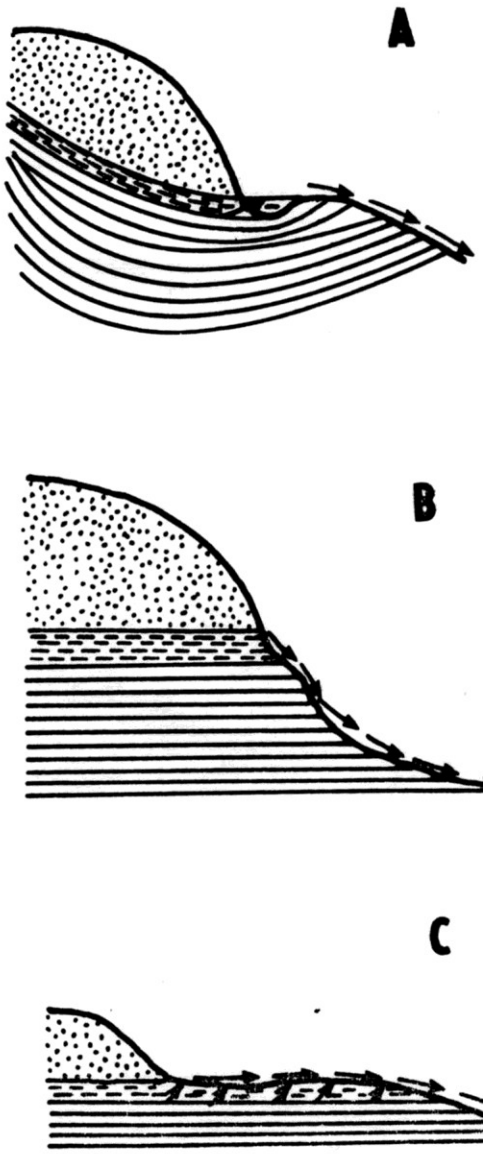
Komunikace s okolními systémy – biotopy (habitaty)



Prameny – krenon (al)

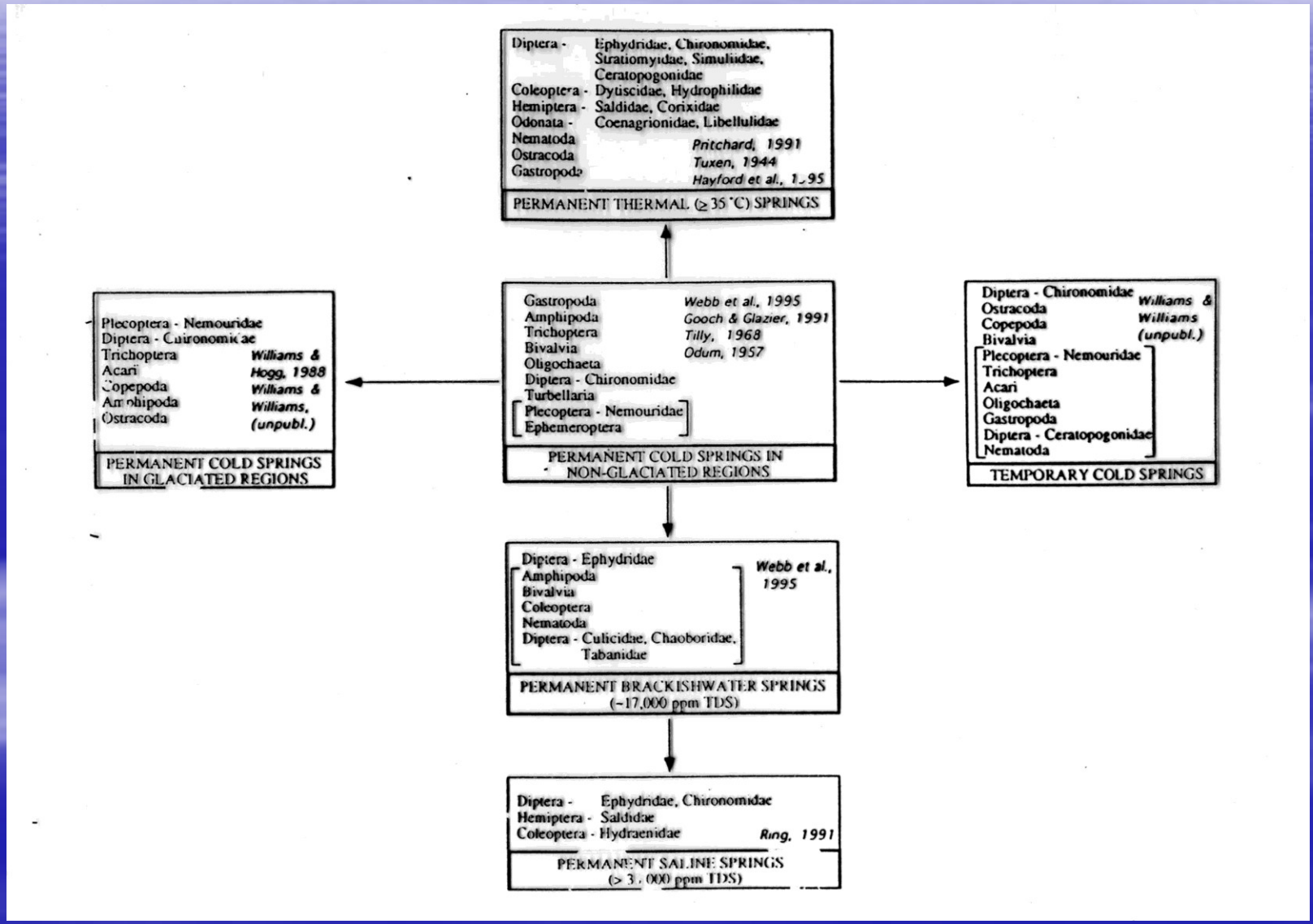
Historická klasifikace

Limnokrén – studánka
Rheokrén – přímý vývěr
Helokrén – pramenný mokřad

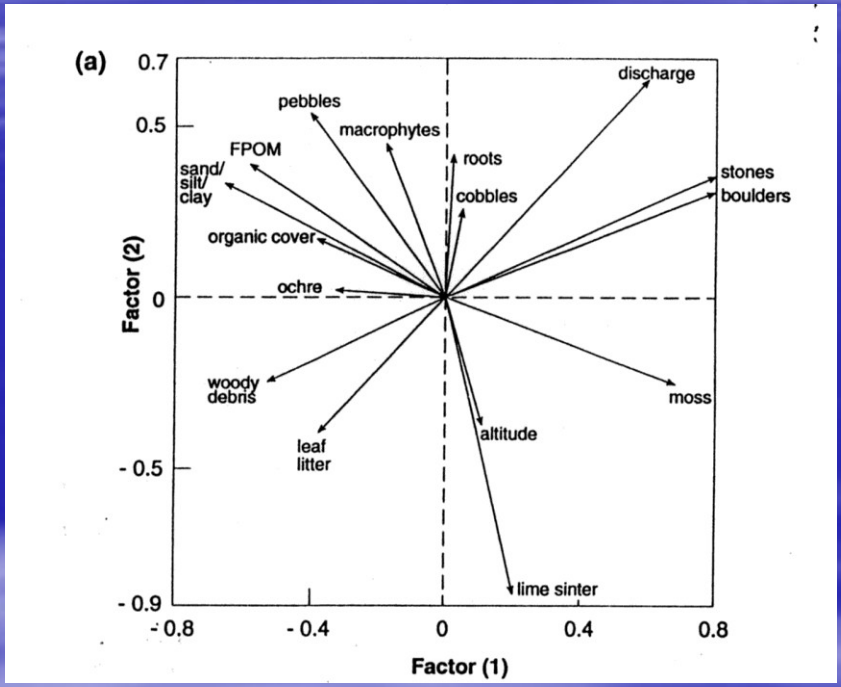


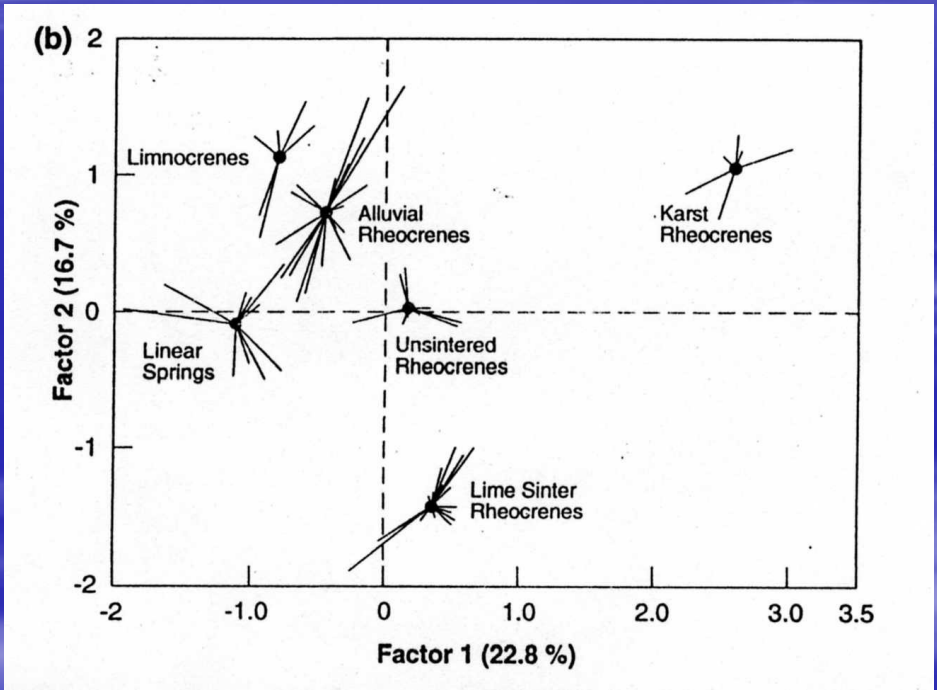
Obr.12.
Schématické znázornění základních typů pramenů.
A = Limnokren, B = Rheokren, C = Helokren.
Propustné vrstvy tečkovaně, zvodnělé čárkovaně,
nepropustné plně (Ex PAVLOVSKIJ a ŽADIN)

Současná klasifikace



Oprávněnost klasifikací

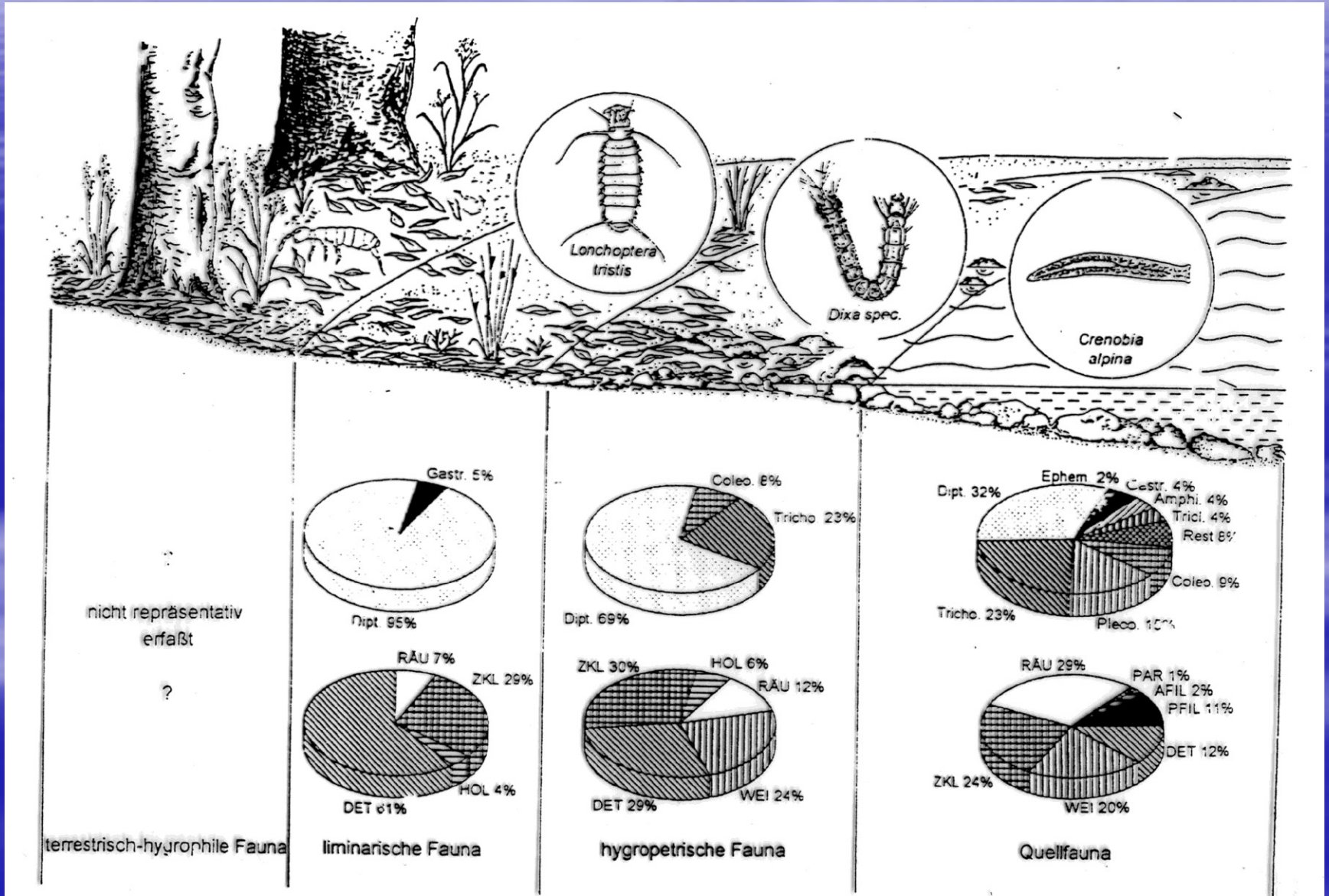




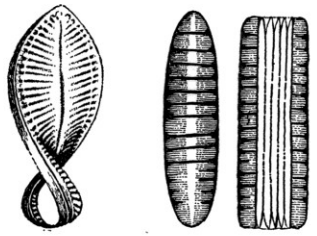
Základní charakteristiky

- Přechodová zóna, ale není typický ekoton
- Primárně nízké koncentrace rozp. O_2 – dle typu různě rychlé dosycování
- Vždy vyšší koncentrace rozp. CO_2
- Vyšší mineralizace vody – zdroj podzemní voda
- První primární producenti – dle typu a mineralizace různá specifická společenstva
- Občasný a pravidelný výskyt stygobiontů a stygofilů

Habitaty pramenišť



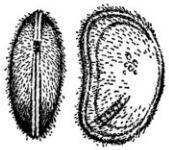
Organismy pramenišť



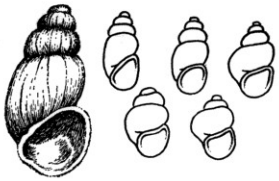
Surirella spiralis a *Diatoma hiemale*, typické rozsivky studených pramenů

Crenobia alpina, studenomilná ploštěnka horských potoků, kterou nalezneme i v pramenech nížin

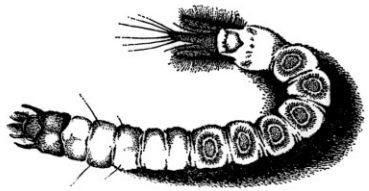
Dospělí strunovci žijí velmi často v pramenech. V kroužku zvětšený zadní a přední konec těla



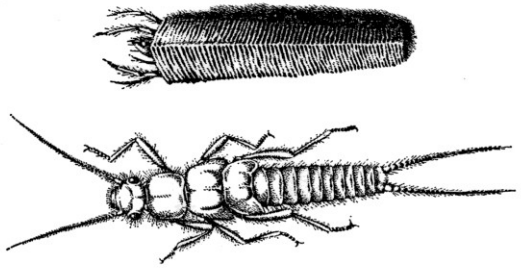
Ilyodromus olivaceus, koryš lasturnatka z našich pramenných vod



Předožábrý plž rodu praménka *(Bythinella)* žije i masově v pramenech a pramenných stružkách. Na obrázku různé naše druhy



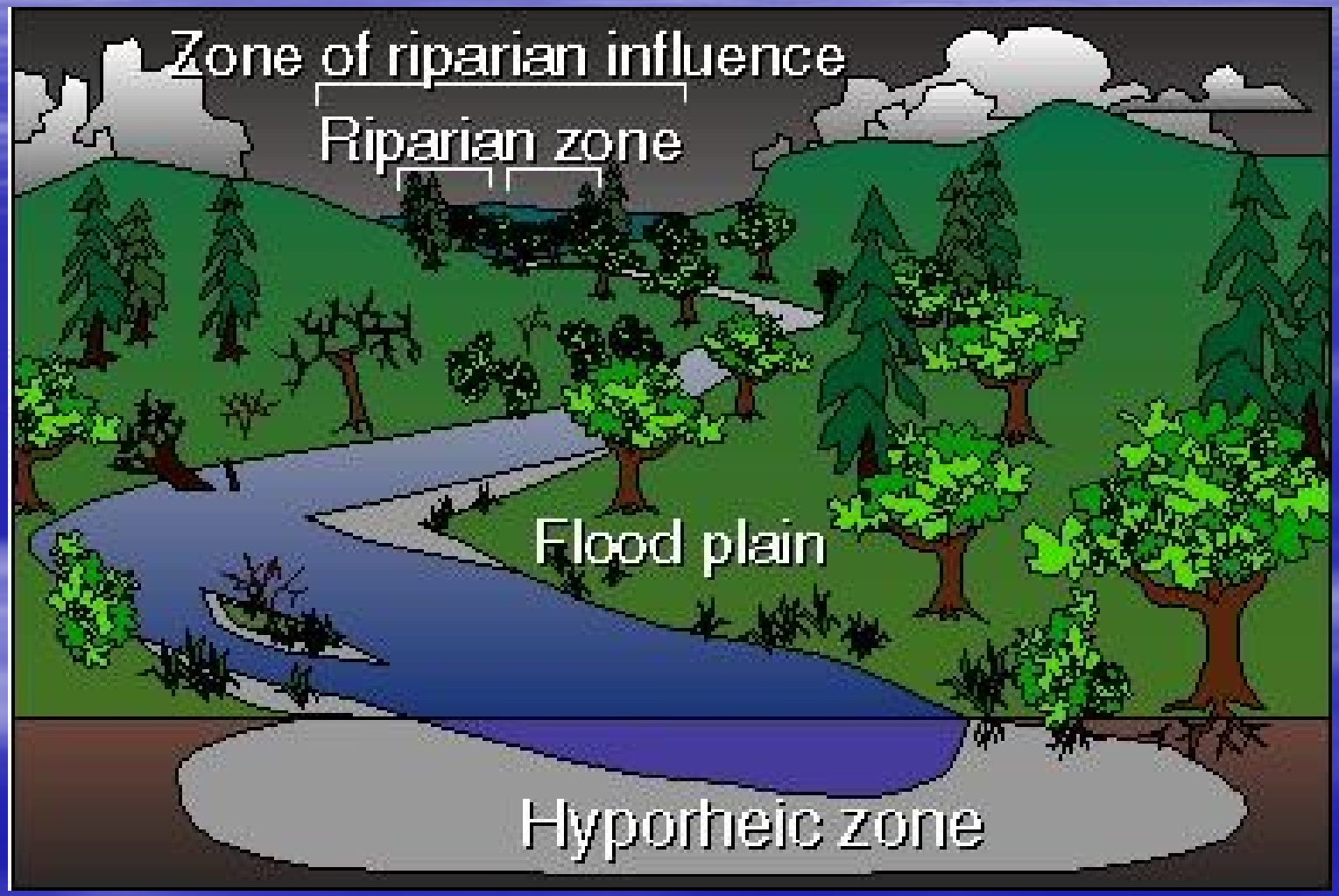
Larva komárce rodu *Dixa* z helokrenních pramenů



Larvy chrostíka *Lepidostoma hirtum* (nahoře) a pošvatky rodu *Leuctra* (dole) vystupují z pramenných stružek do vlastního pramene

Hyporheal – podříční vody

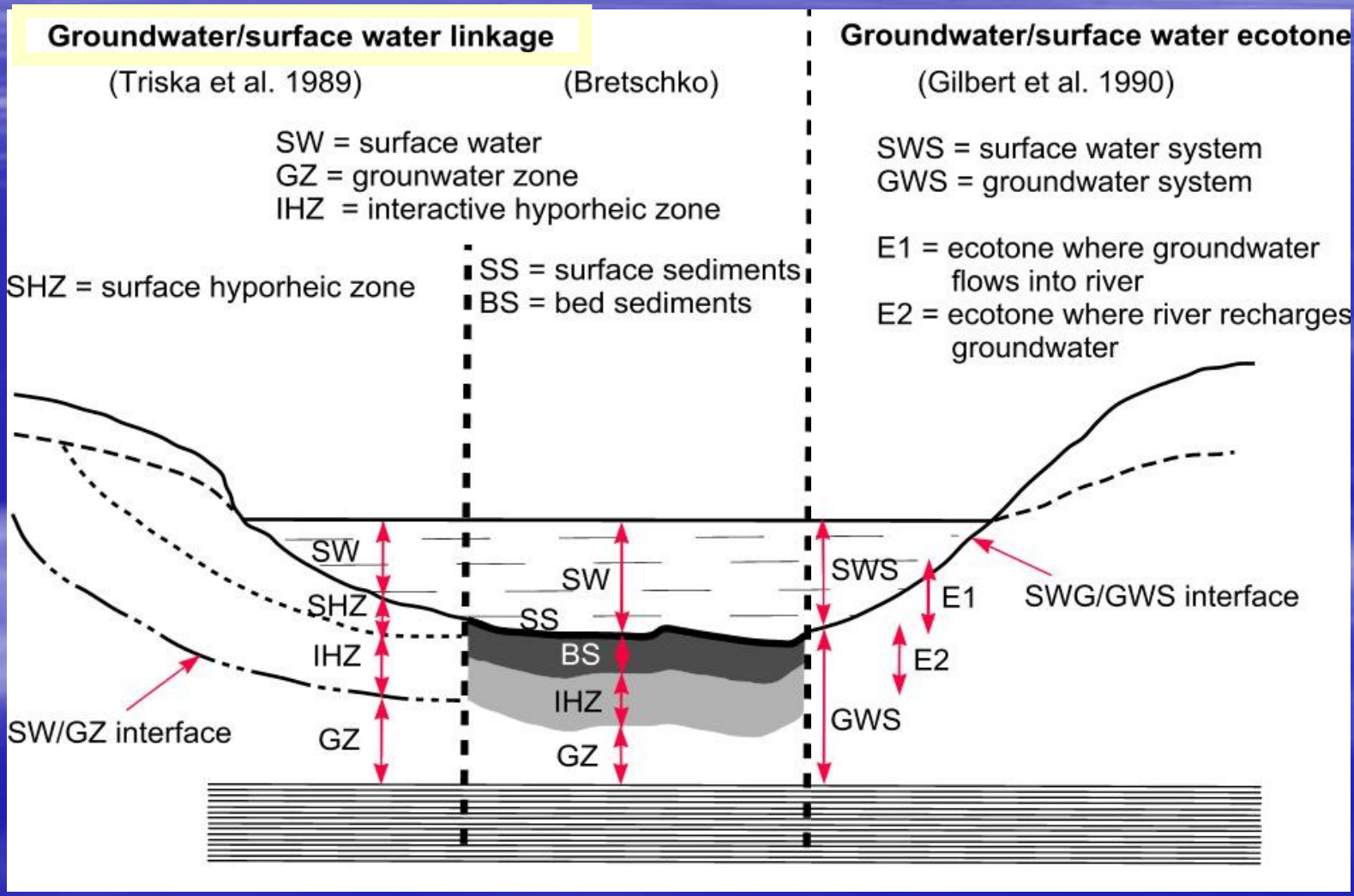
Kde, proč a jak vznikají



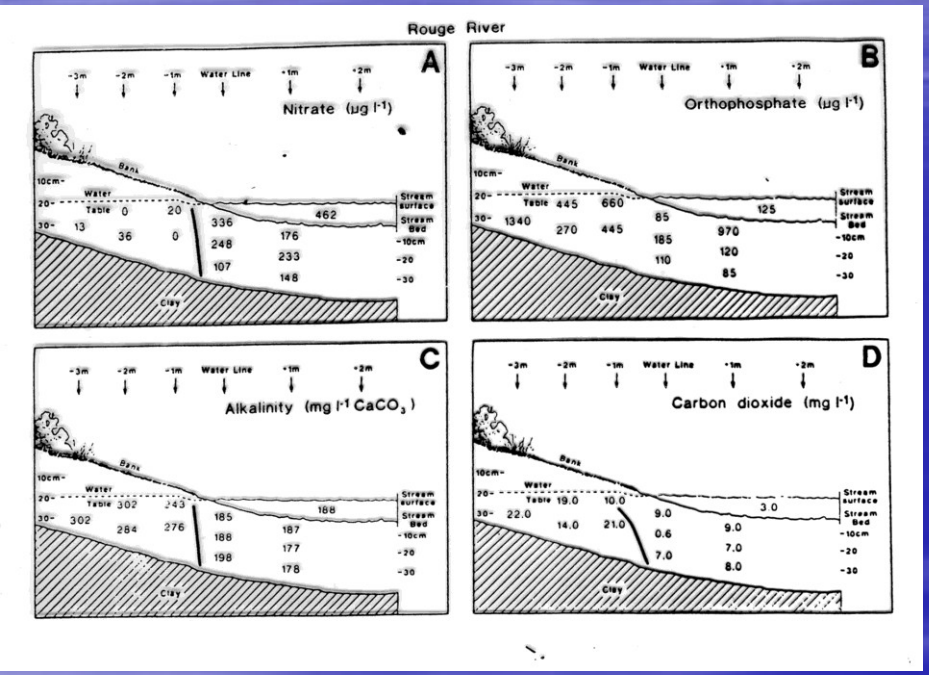
Historie výzkumu

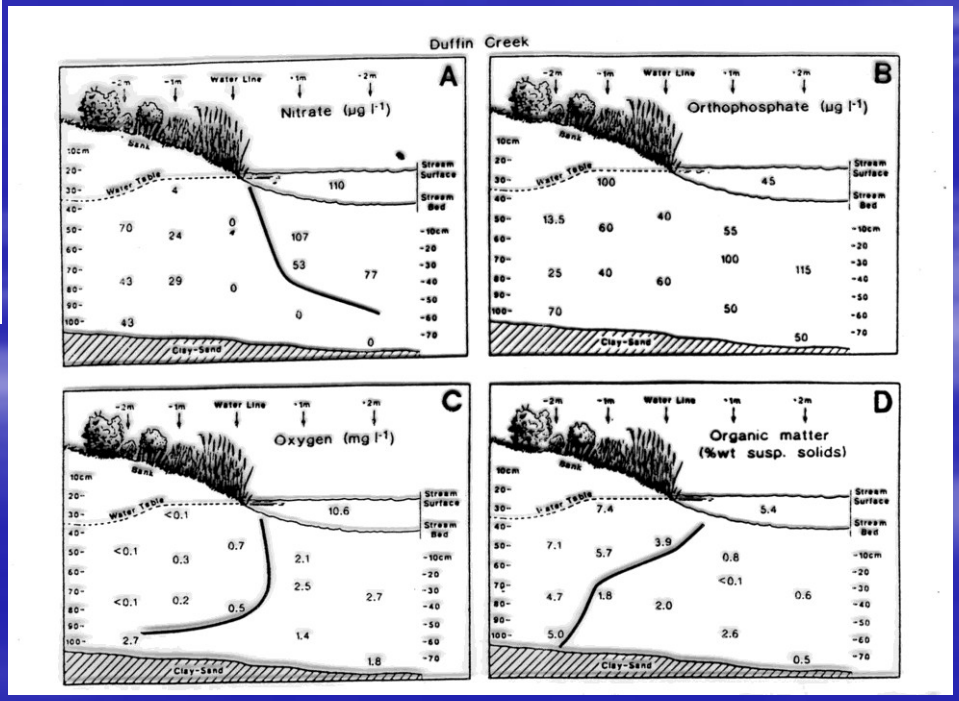
- **předpoklad, že část říční fauny obývá sedimenty pod říčním dnem a vykazuje vertikální distribuci - Kühtreiber (1934)**
- **kopání jam ve freatické zóně (Chappuis 1942)**
- **termín „hyporheic“ použil poprvé Orghidan (1959)**
- **hyporeál (intersticiál) jako součást podzemních vod, rozvinut ve štěrkovitých sedimentech, pro říční faunu plní funkci refugia a líhně (Schwoerbel 1961)**
- **u nás se výzkumu ve freatické zóně věnoval O. Štěrba (60.-70. léta)**
- **„ekotonální“ přístup: hyporeál jako ekoton mezi systémem povrchových a podzemních vod; diverzita zde ale dosahuje jen středních hodnot! (Gibert et al. 1990)**
- **různé přístupy ovlivněny použitou vzorkovací metodou: freatobiologové vs. limnologové**

Ekotonální a hyporeický přístup

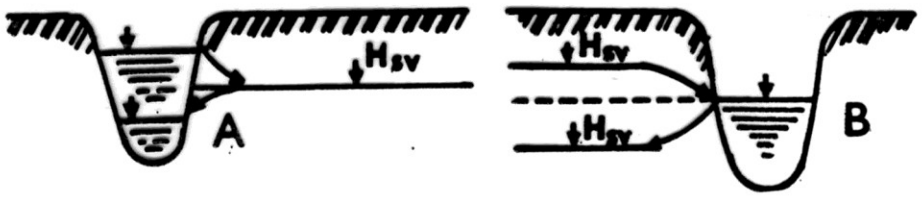


Složení vody jako důkaz existence hyporealu

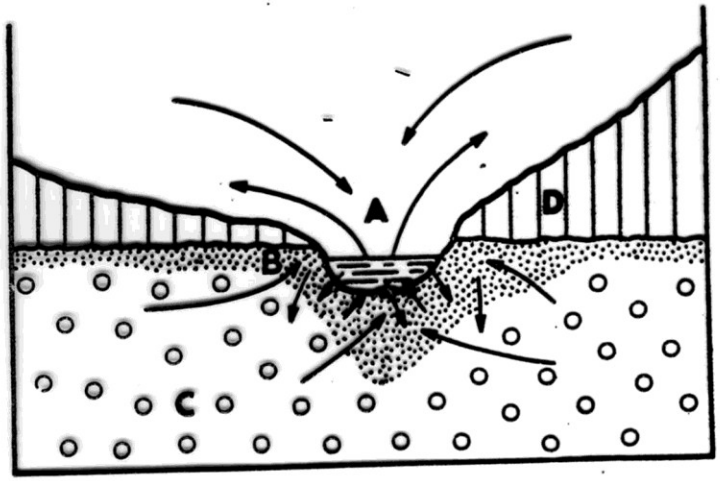




Komunikace s podzemní a povrchovou vodou

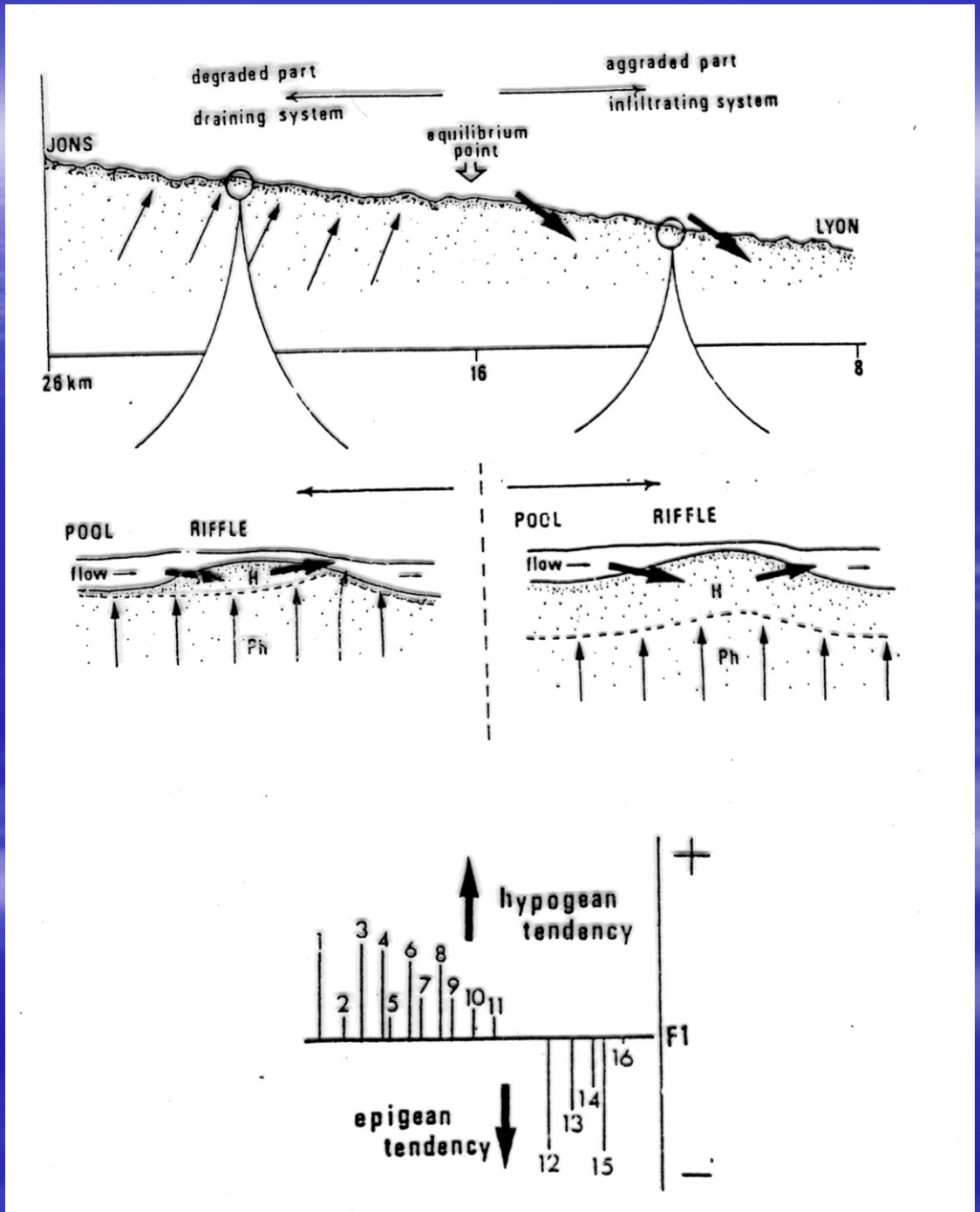


Obr.8.
Schéma vzájemného propojení řiční a podzemní vody. A = výměna vody při pohyblivé hladině v toku, B = výměna vody při pohyblivé hladině podzemní vody (H_{sv}). (Ex WETZEL A.)



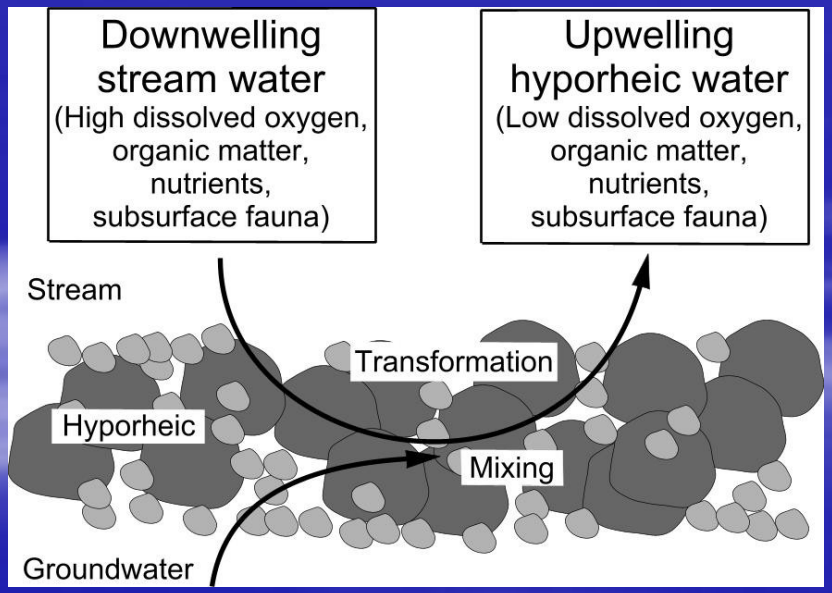
Obr.9.
Schéma vzájemného propojení tekoucích vod a sousedních ekosystémů. A = povrchový tok, B = podzemní poříční vody (hyporeál), C = podzemní vody, D = souš. Narušení kterékoliv komunikace se řetězově projeví ve všech ekosystémech. (Ex KUBÍČEK)

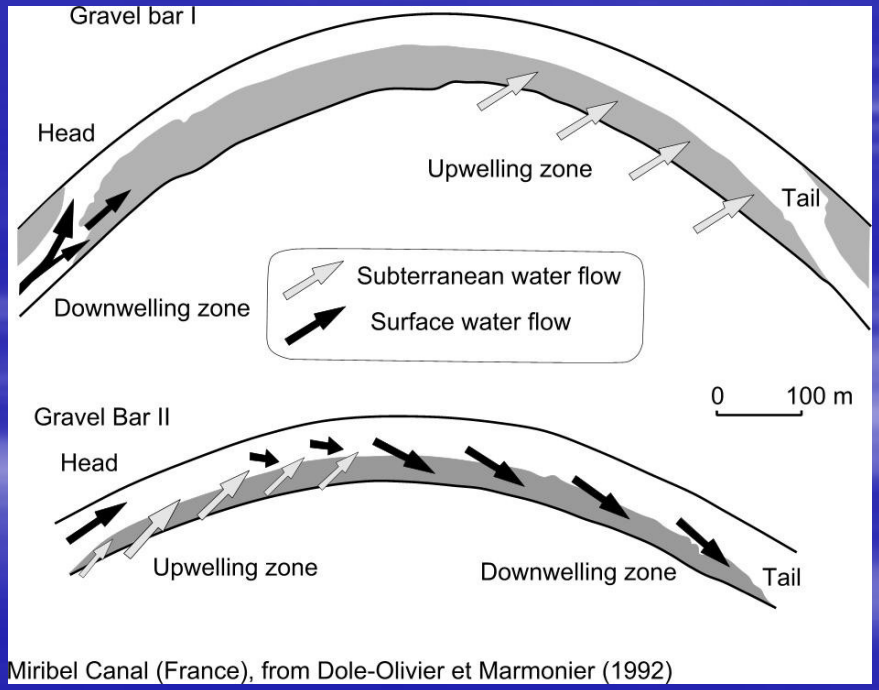
Hyporheal v podélném profilu toku



Komunikace mezi povrchovou a podzemní vodou

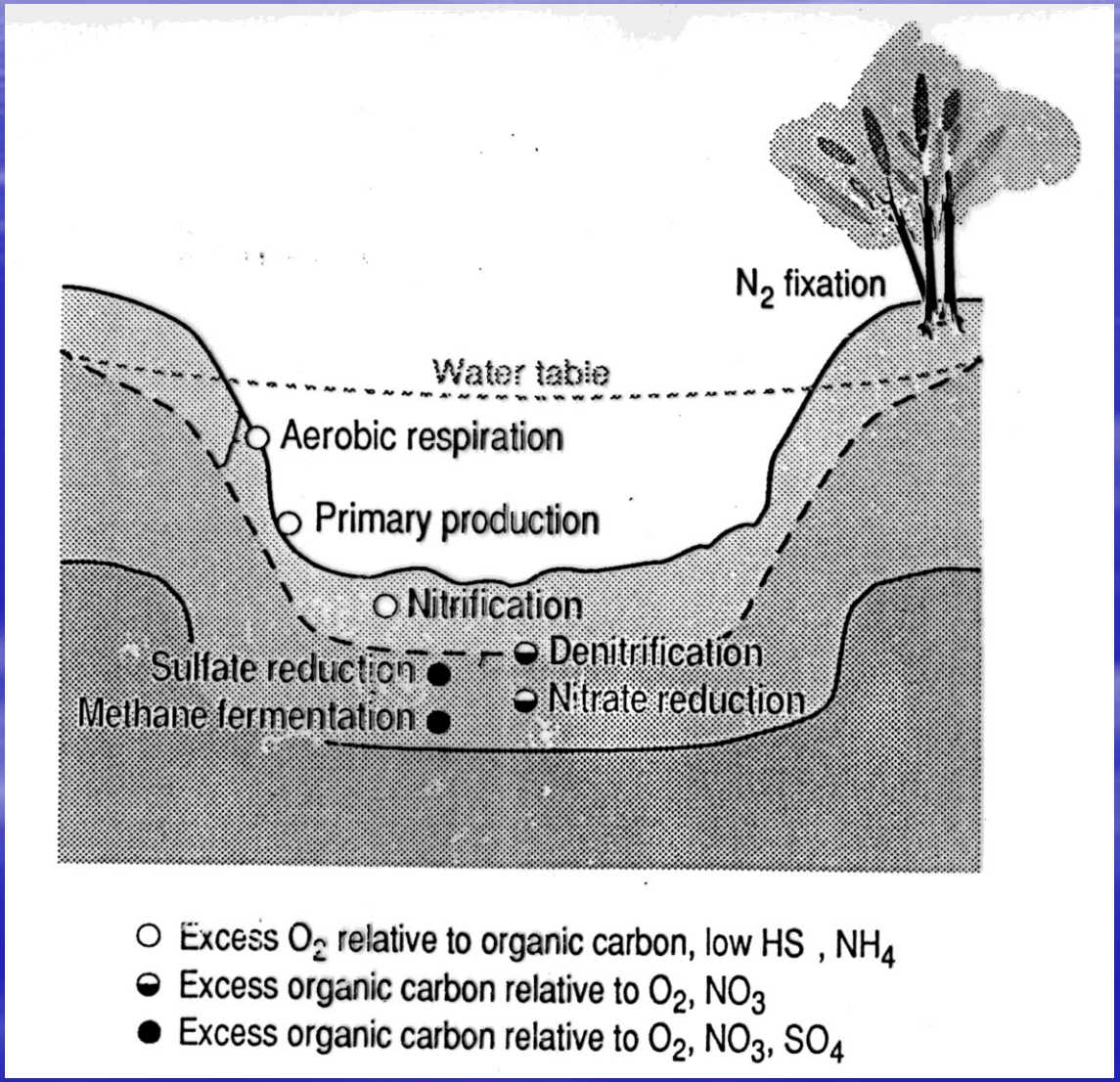
- horizontální proudění, infiltrace, exfiltrace, kapilární síly
- závisí na propustnosti dna, povrchovém průtoku a průtoku hyporeálem
- variabilita v podélném a příčném profilu i v čase
- kolmatační vrstva



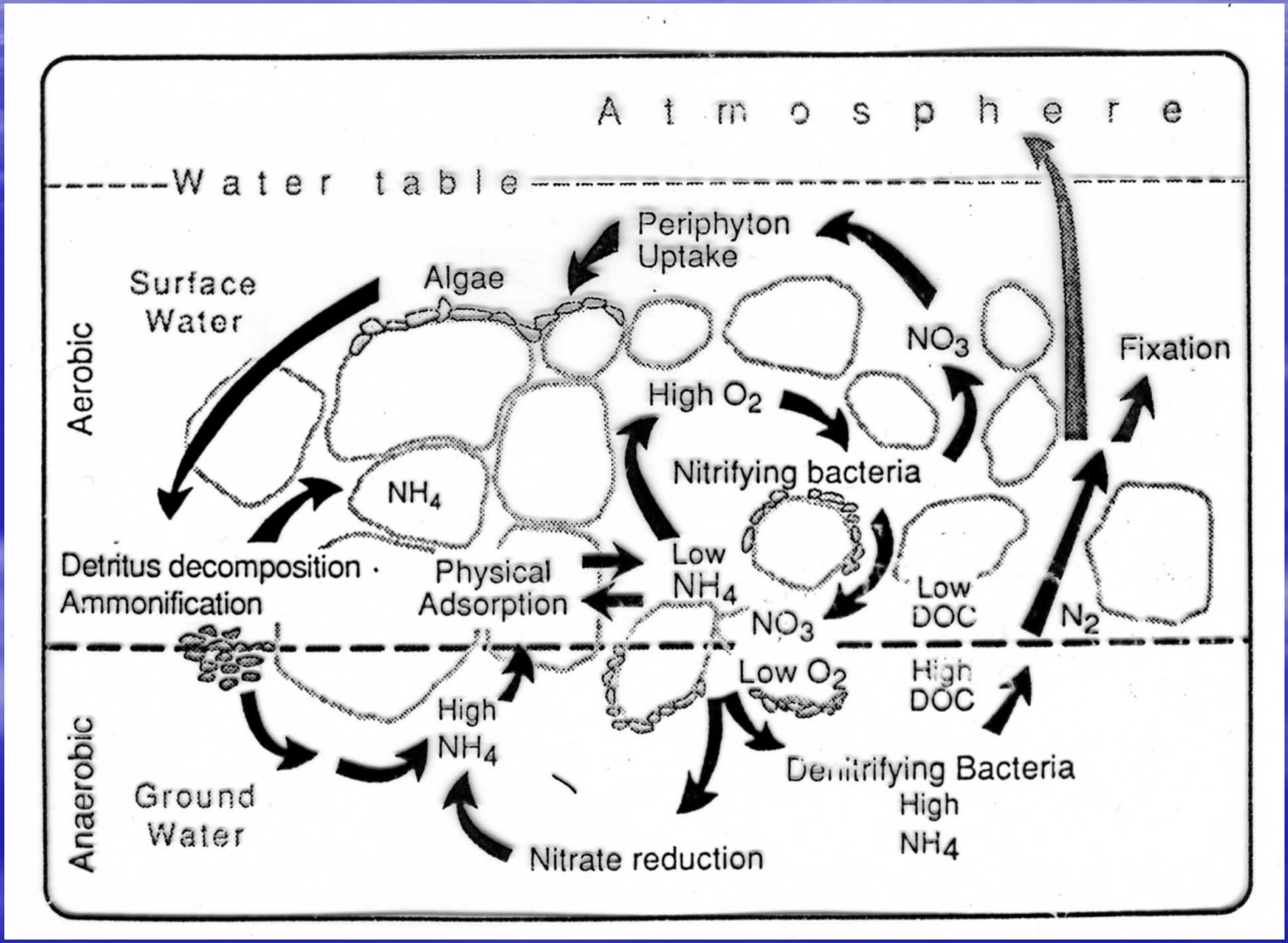


Miribel Canal (France), from Dole-Olivier et Marmonier (1992)

(Bio)chemické procesy

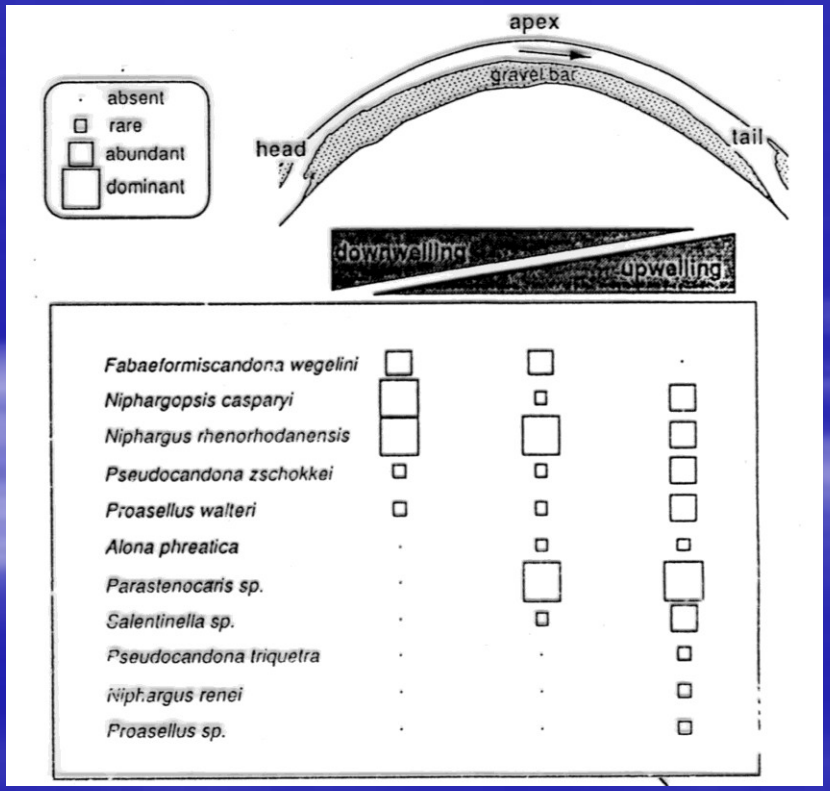


Koncepce cyklů dusíků v hyporhealu

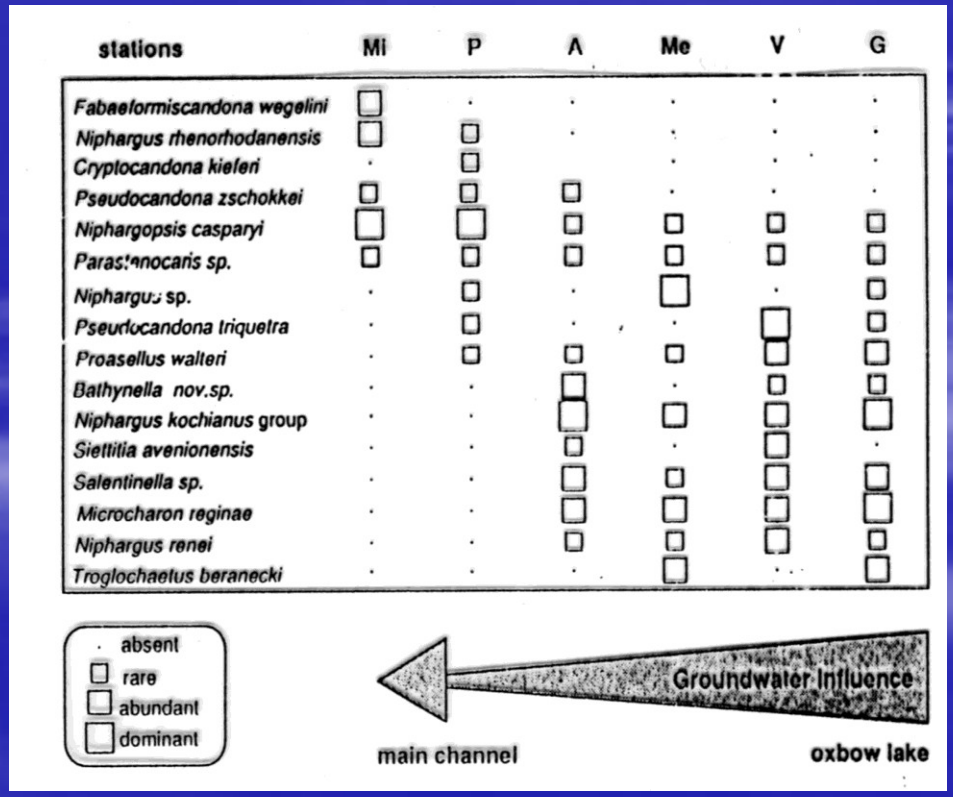


Organismy hyporealu (hyporheos) – distribuce v podélním a příčném profilu

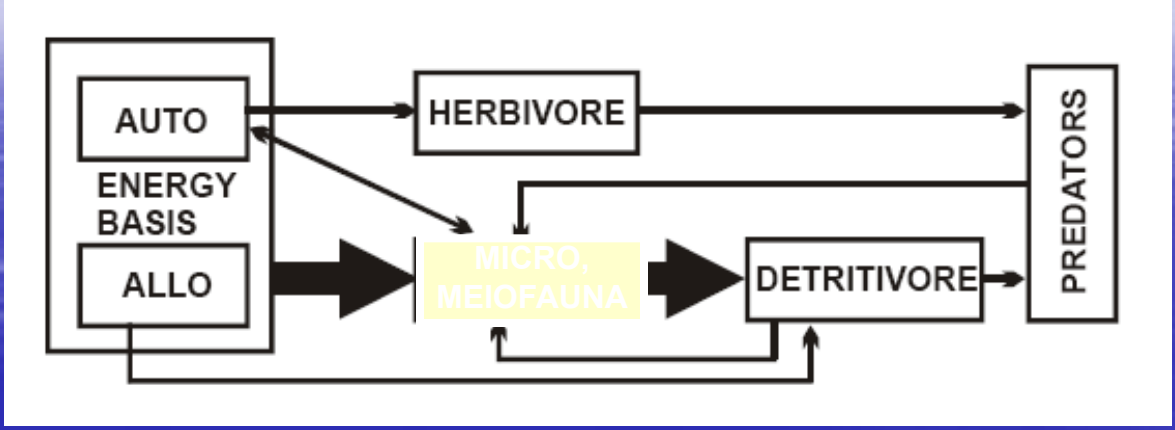
Podélný profil – štěrková lavice



Příčný profil – slepé rameno – říční koryto



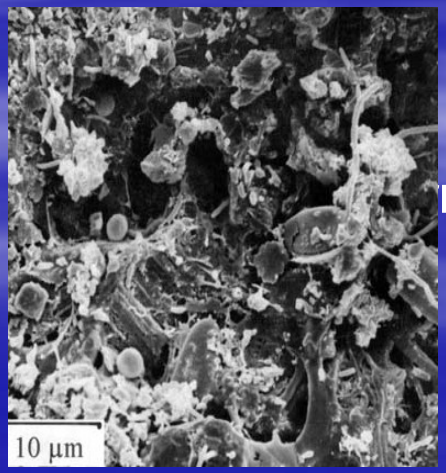
Potravní řetězec a tok energie



Autochtonní org. materiál – fotická vrstva, zelené řasy, rozsivky, sinice

Allochtonní org. materiál (POM, CPOM, FPOM, DOM)

- listový opad - sezónní závislost
- eroze břehových partií
- biofilm - bakterie, houby, prvoci a jejich produkty, na povrchu POM (jemnozrné sedimenty mají zvyšuje kvalitu potravy (C:N)



Funkce hyporheosu aneb co dělají a jak žijí

- **hrabání – bioturbance, rozrušování sedimentu, změna velikosti pórů a rychlosti vody v nich, oxydace a transport org. látek, disperze bakterií a spor**
- **vyměšování – tvorba „bobků“ („pellets“), zdroj DOC a NH^{4+}**
- **spásání biofilmů - zvyšování mikrobiální aktivity**
- **rozmělnění potravy – rozklad a mineralizace „pohřbené“ POM, zpřístupnění OM dalším detritovorům a baktériím**
- **biologické interakce – predace a kompetice, „top down“ kontrola meiofauny většími bezobratlými**
- **pohyb mezi HZ a povrchovým tokem – migrace temporární i permanentní fauny, vyplavení během povodní poskytuje potravu povrchovým predátorům**
- **emergence hmyzu – přenos energie do terestrického systému**

Funkce hyporhealu v ekosytému

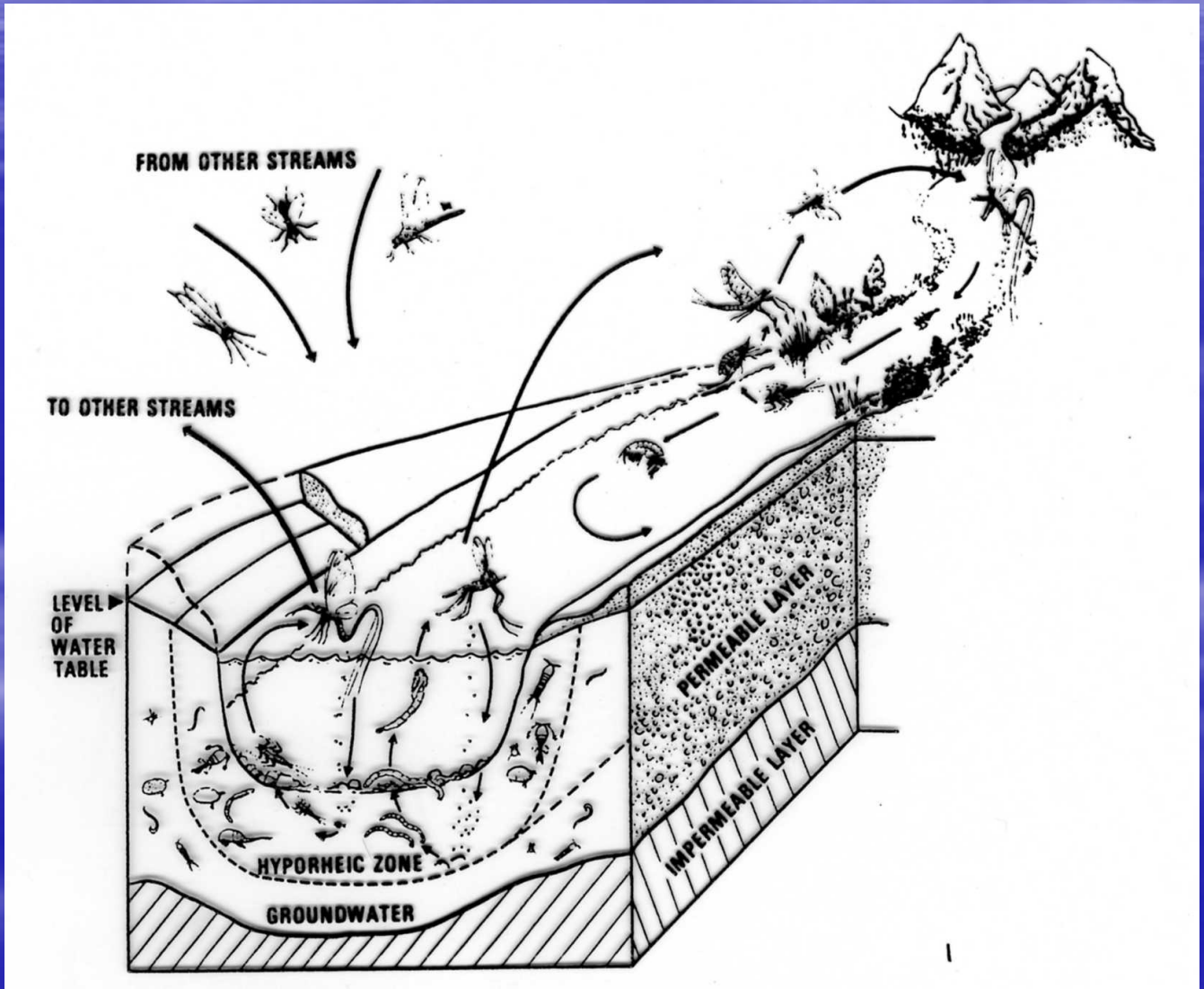
- Kumulace, destrukce a utilizace organické hmoty
- Nitrifikační a denitrifikační cyklus
- Hospodaření s fosforem
- Refugium pro epibentické organismy při disturbancích
- Biotop pro pravý hyporheos (hyporheobionti) - permanetně v hyporhealu
- Biotop pro temporální organismy (larvy vodního hmyzu, …) – hyporheofiolové

Hypotéza - refugium

Testování na základě vzorkování v terénu a experimentů na korytě

- hypotéza 1: úbytek fauny z říčního dna během povodně by měl být minimální, pokud je HZ hlubší, než vrstva dna zasažená výplachem - nepotvrzeno: ztráty 50-90 %
- hypotéza 2: fauna by se měla pohybovat při zvýšených průtocích do větších hloubek - potvrzeno částečně, experimentálně pro Copepoda a pakomáry zjištěna rychlost 5-23 cm/s
- hypotéza 3: je HZ nejdůležitější zdroj pro rekolonizaci po povodni? - potvrzeno částečně - vodní sloupec a povrchový sediment stejně důležitý

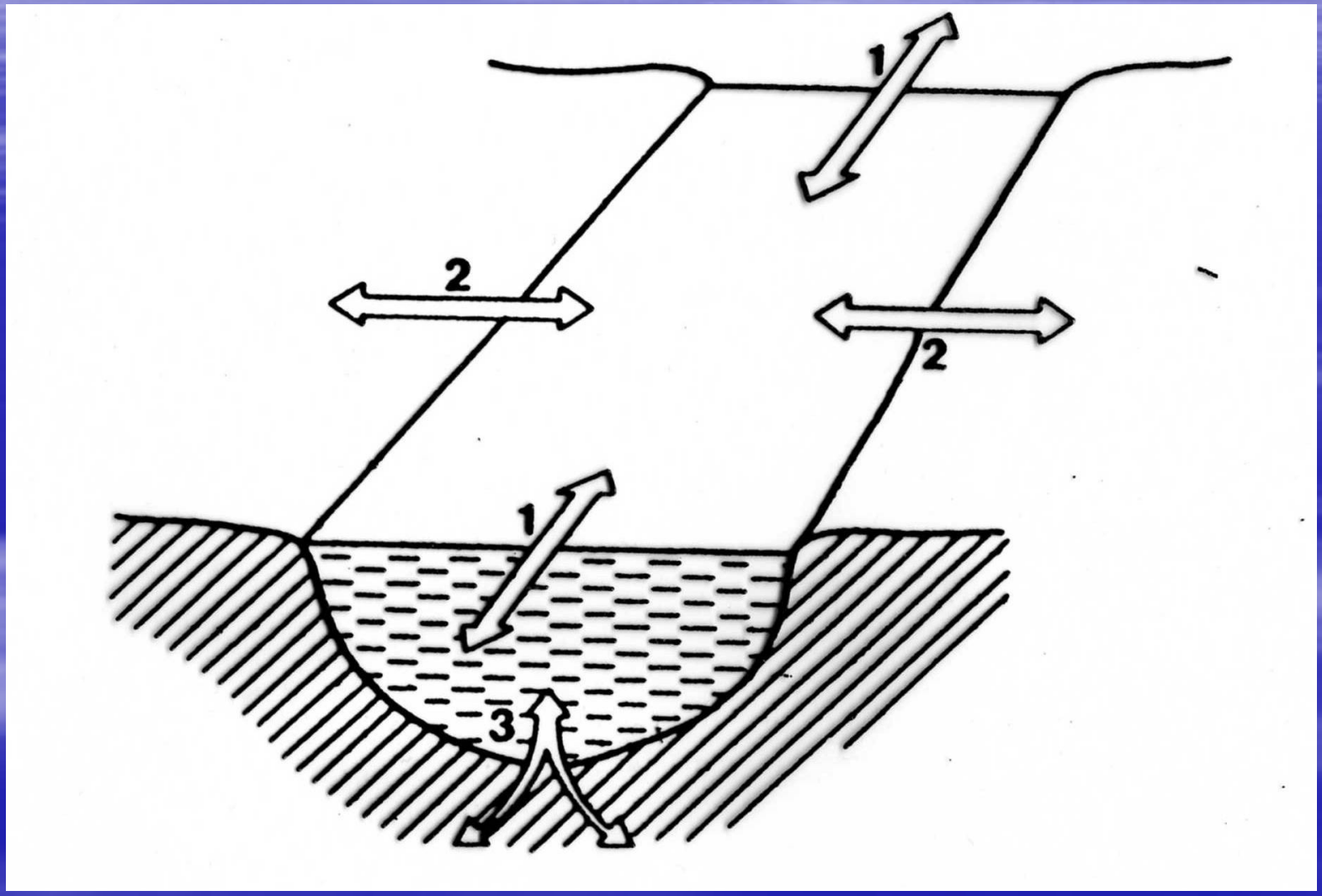
Hyporheofilní organismy – zóna pro vývoj larválních statdií

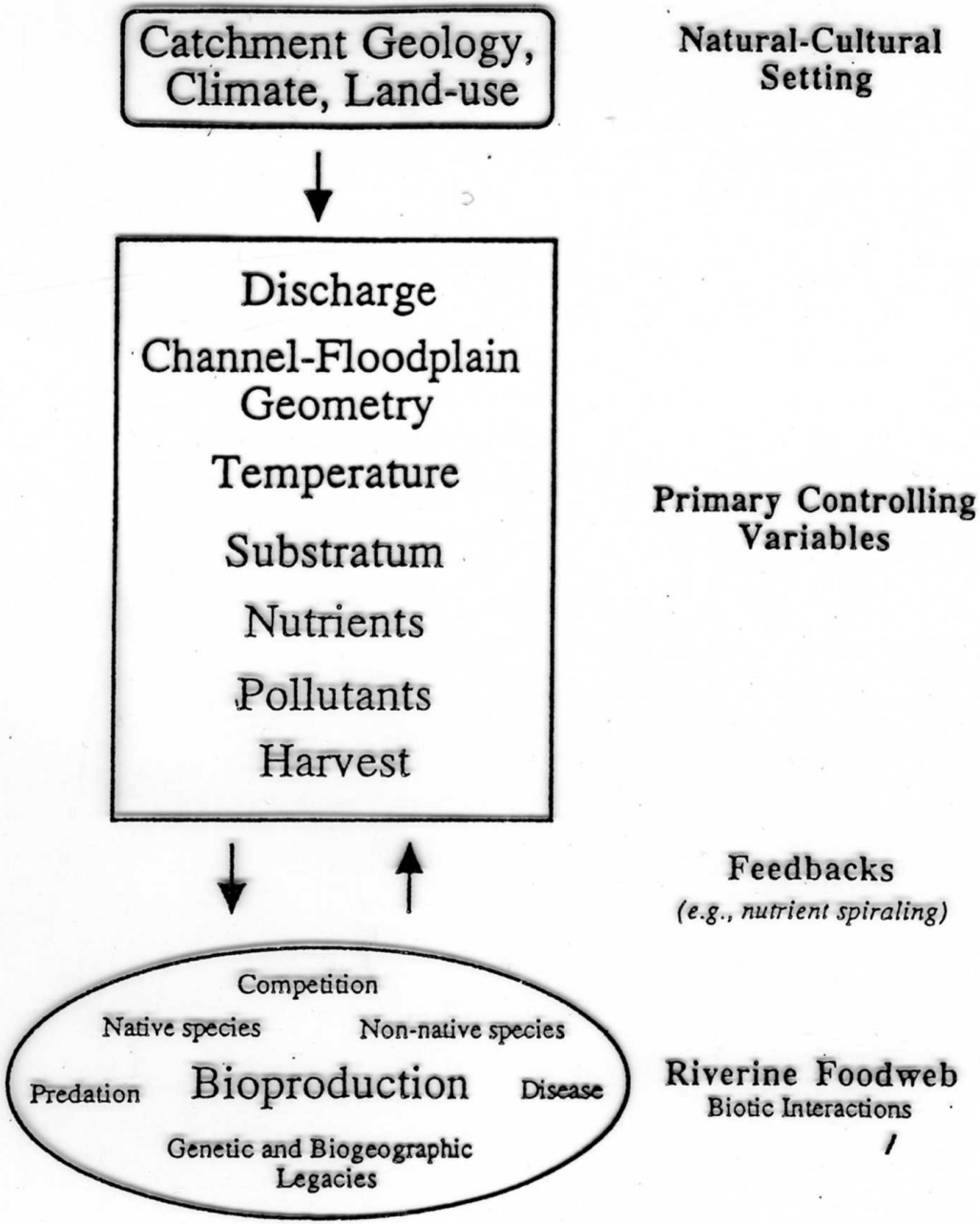


Tekoucí vody – lotický ekosystém

Pramenná stružka, potok, říčka, řeka a veletok

Prostor a čas – čtyřrozměrný prostor




Catchment Geology, Climate, Land-use
Natural-Cultural Setting
Discharge
Channel-Floodplain Geometry
Temperature
Substratum
Nutrients
Pollutants
Harvest
Primary Controlling Variables
Feedbacks
(e.g., nutrient spiraling)
Competition
Native species
Non-native species
Predation
Bioproduction
Disease
Genetic and Biogeographic Legacies
Riverine Foodweb
Biotic Interactions

Časoprostorová škála

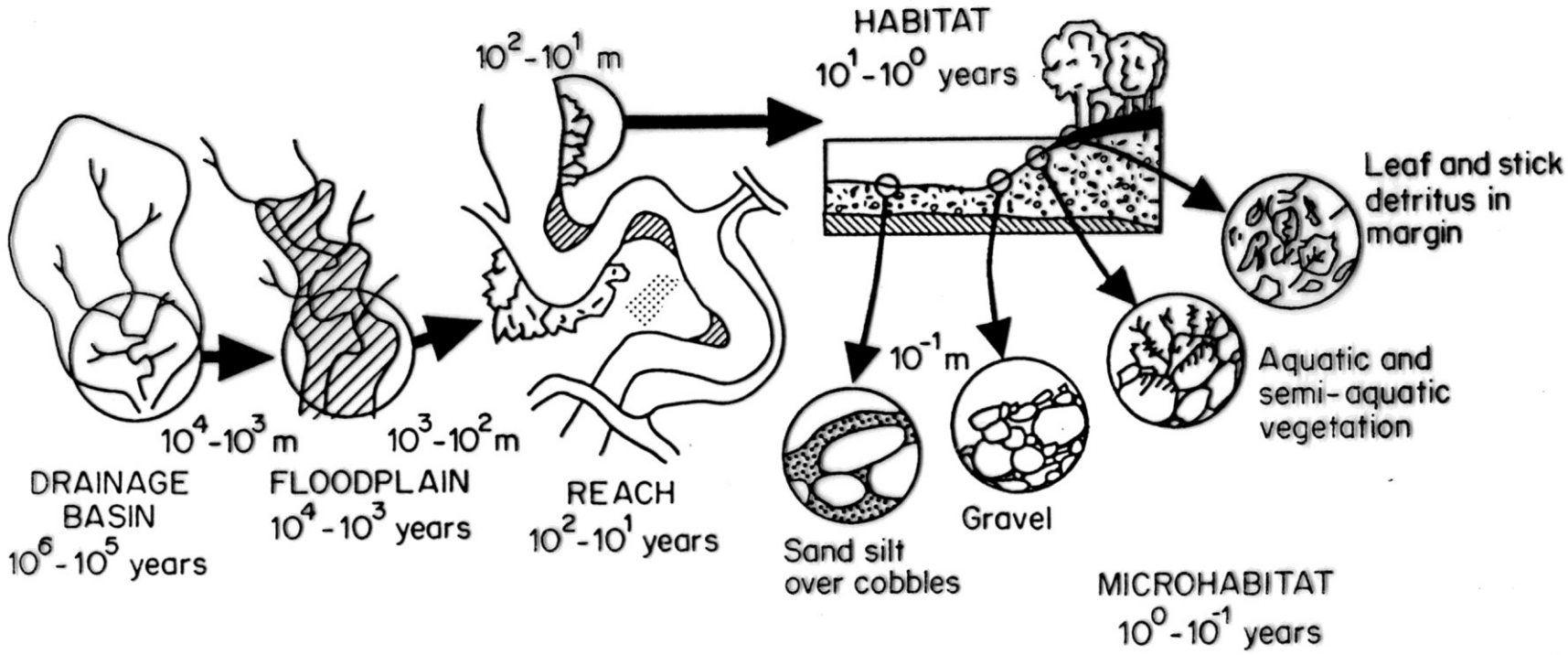
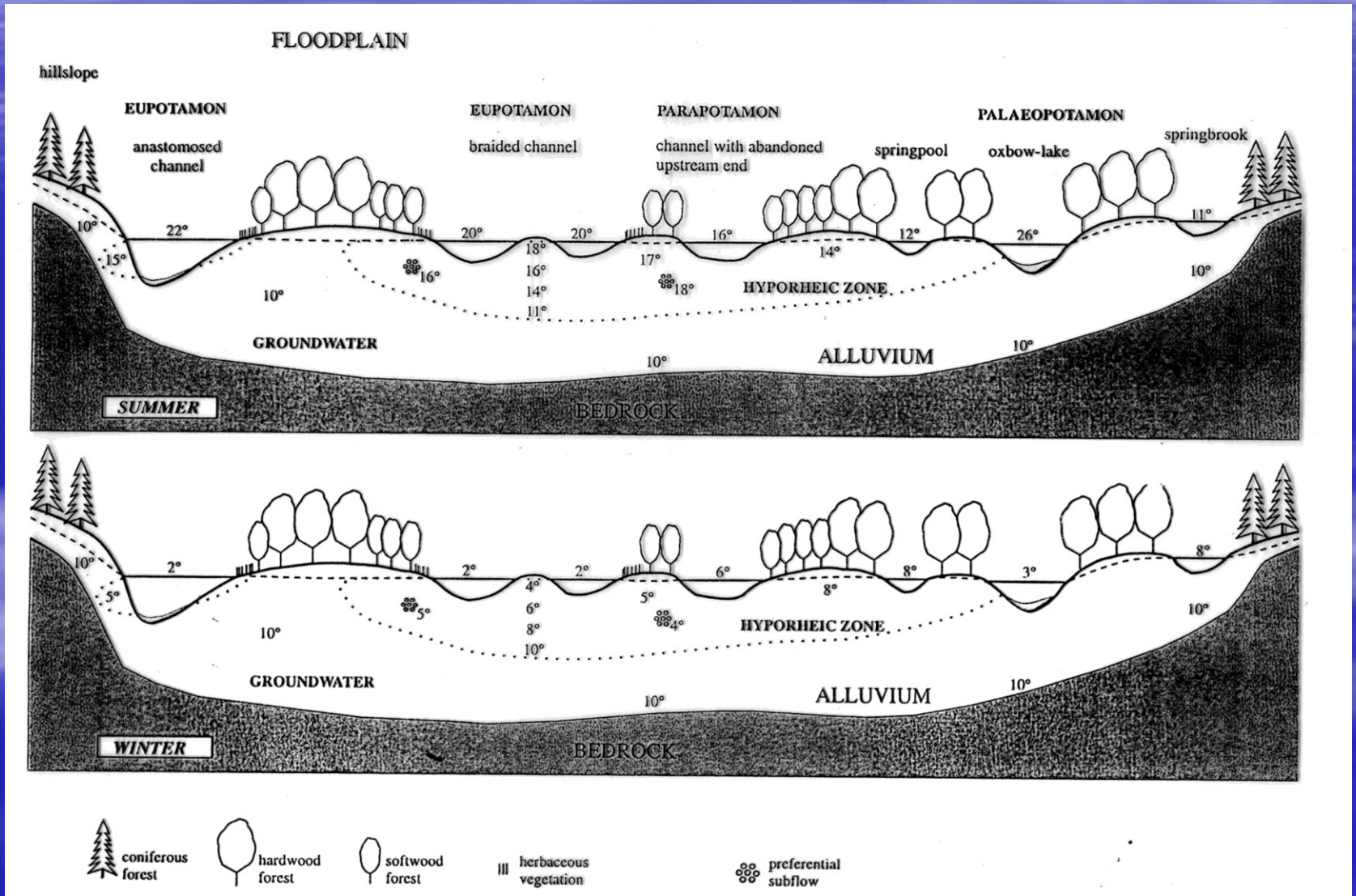


FIGURE 7.4. Hierarchical organizations of a stream system and its habitat sub-systems. Linear spatial scale, approximated to second- or third-order mountain stream, is indicated (adapted from Frissell et al, 1986)

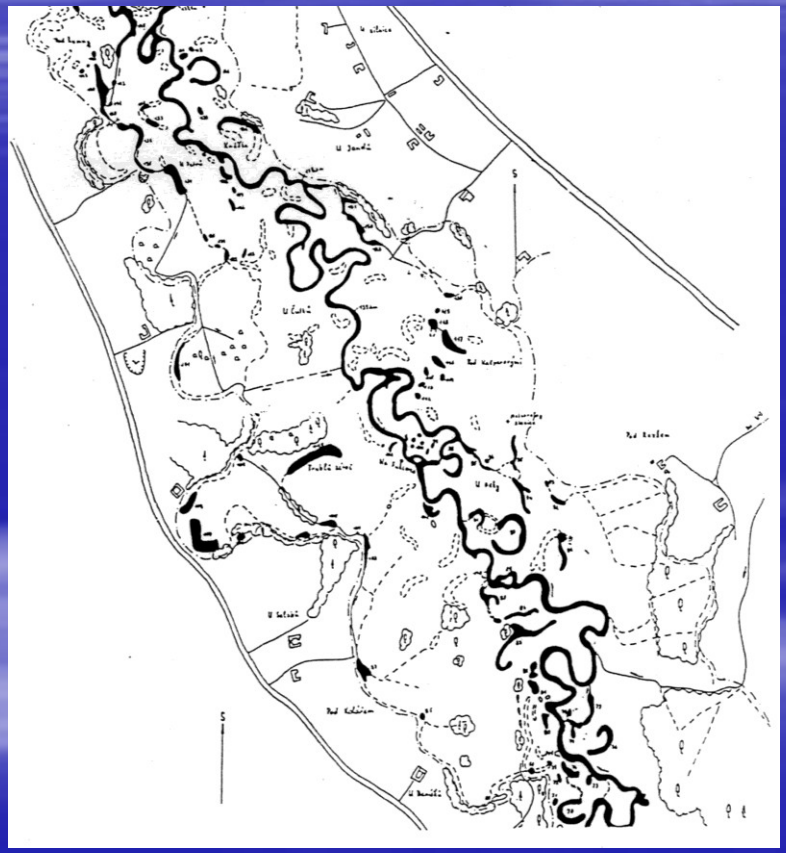
Řeka a její záplavové území (aluvium)

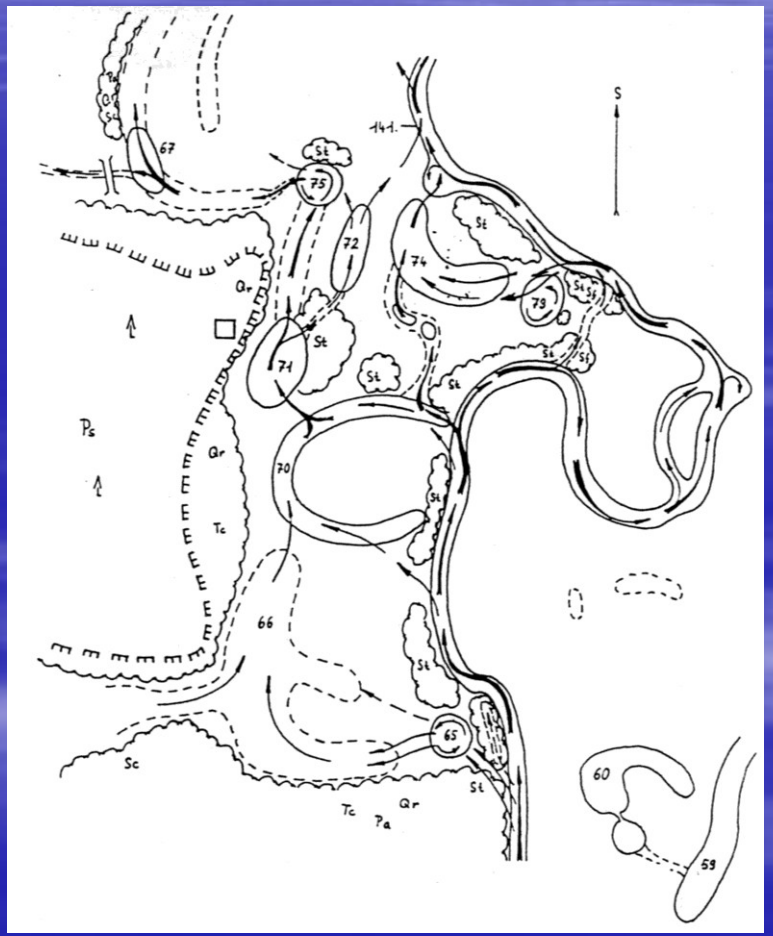


Řeka a její záplavové území (aluvium)

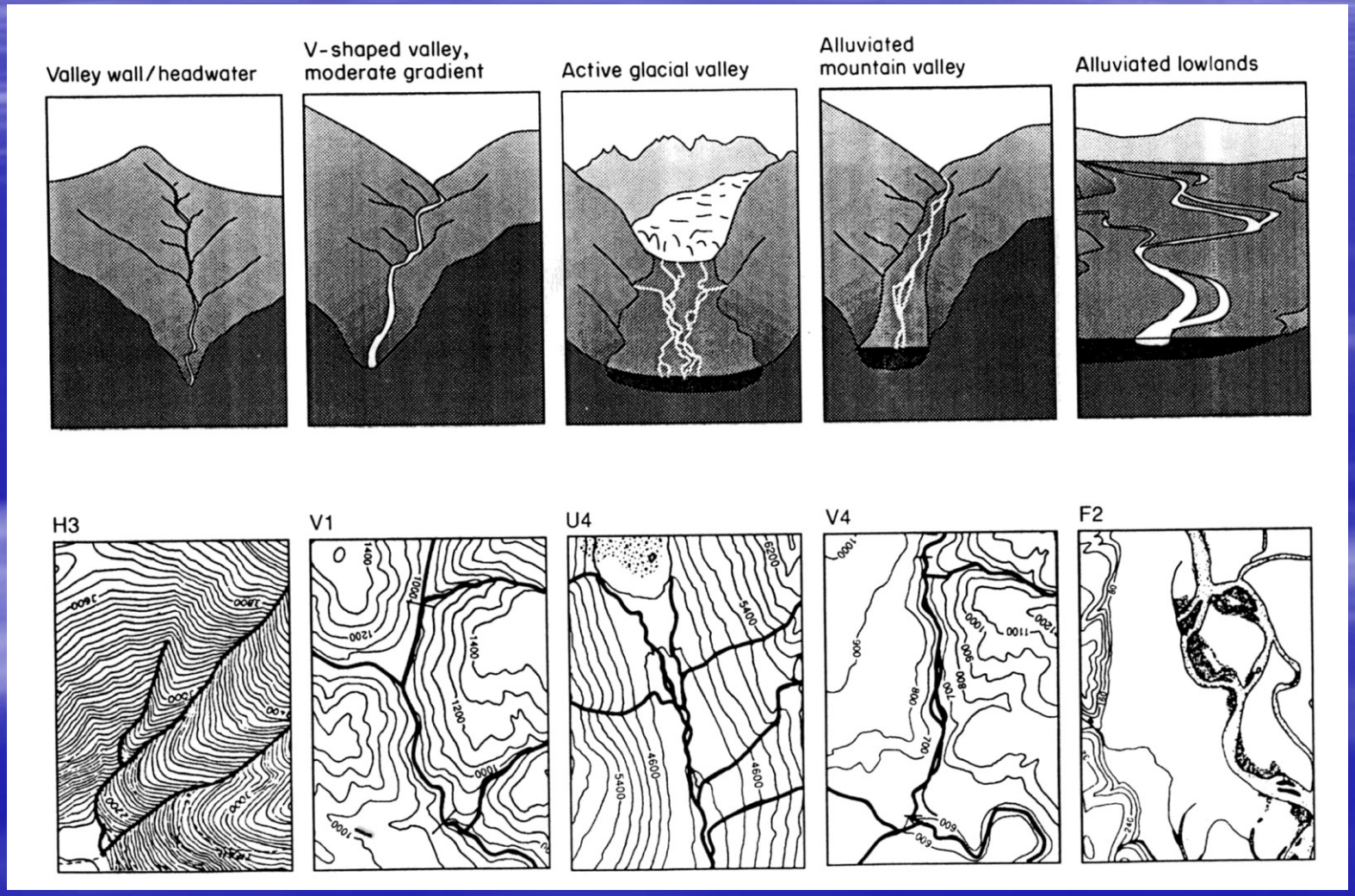
- **Eupotamon** – průtočná část říční sítě po celý hydrologický rok
- **Parapotamon** – slepé rameno, průtočný úsek za vyšších vodních stavů, trvale však napojen na tok
- **Plesiopotamon** – mrtvé rameno, průtočné jen za vyšších vodních stavů, zbytek roku oddělen od toku, komunikace jen hyporhealem
- **Paleopotamon** – poříční tůň nebo jezero, průtočné jen za extremních průtoků (50 letá voda a více), často až na říčních terasách v historickém záplavovém území

Příklady – řeka Lužnice





Geomorfologická klasifikace



Klasifikace dle proudění

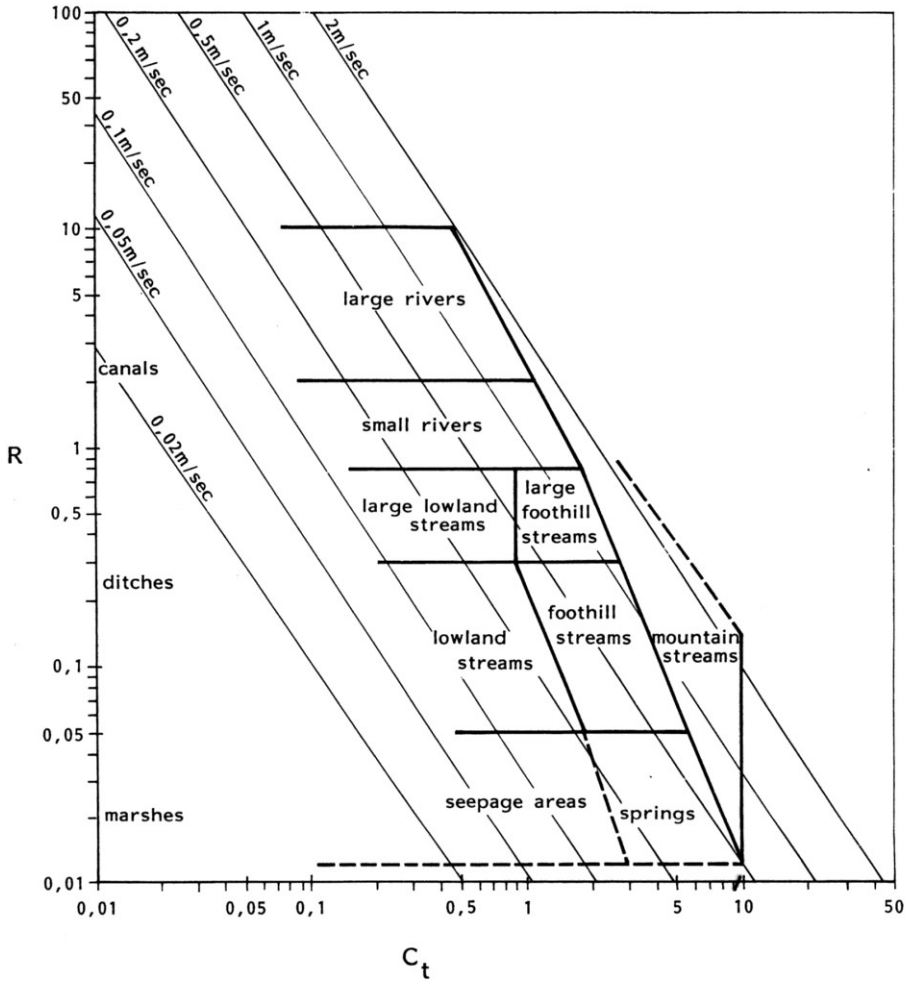
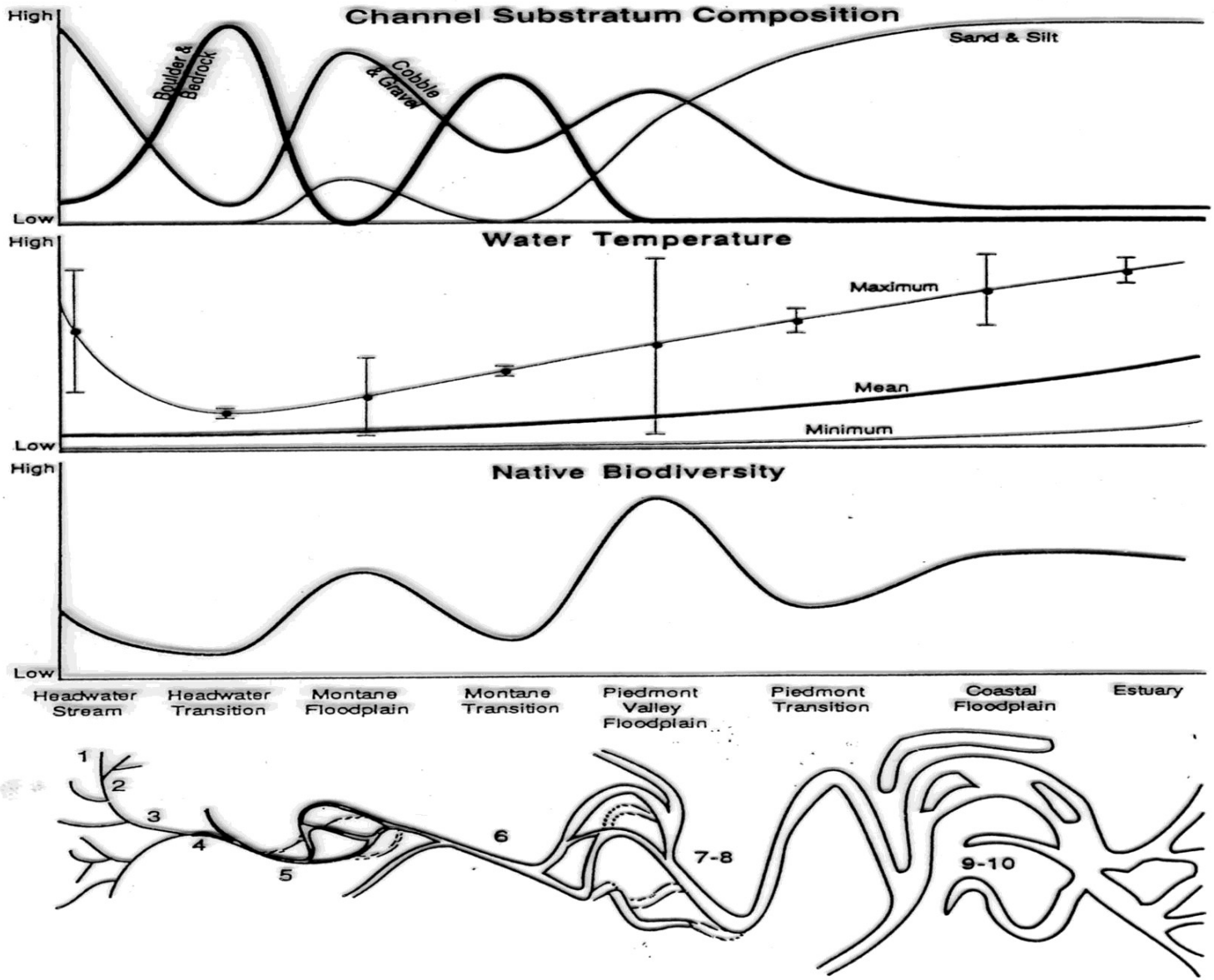


Fig. 1. Typology of running waters based on hydraulic factors (Higler & Mol, 1984; slightly modified).R = hydraulic radius (m); C_t = terrain factor ($1\ n\ J^{1\,2}$); n = roughness; J = ground slope.

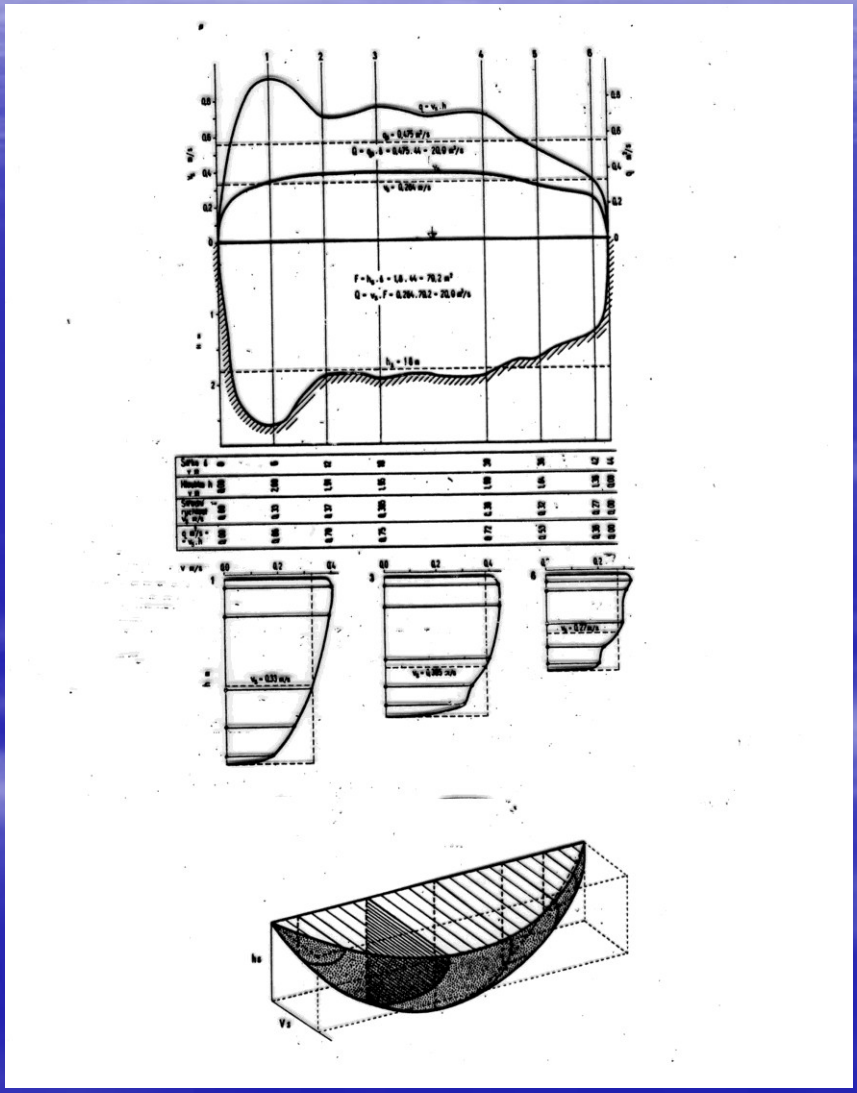
Geomorfologie - hydraulika

GEOMORPHIC FEATURES			
	CANYON	BRAIDED	MEANDERING
PARAMETER			
Stream Surface Area : Discharge	LOW	HIGH	MEDIUM
Riparian Inputs	LOW	HIGH	MEDIUM
Detrital Storage	LOW	HIGH	MEDIUM-HIGH
Area Flooded	SMALL	LARGE	MEDIUM


Channel Substratum Composition
High
Low
Boulder & Bedrock
Cobble & Gravel
Sand & Silt
Water Temperature
High
Low
Maximum
Mean
Minimum
Native Biodiversity
High
Low
Headwater Stream
Headwater Transition
Montane Floodplain
Montane Transition
Piedmont Valley Floodplain
Piedmont Transition
Coastal Floodplain
Estuary
1
2
3
4
5
6
7-8
9-10

Spád, proudění a substrát dna

- Rychlost proudu

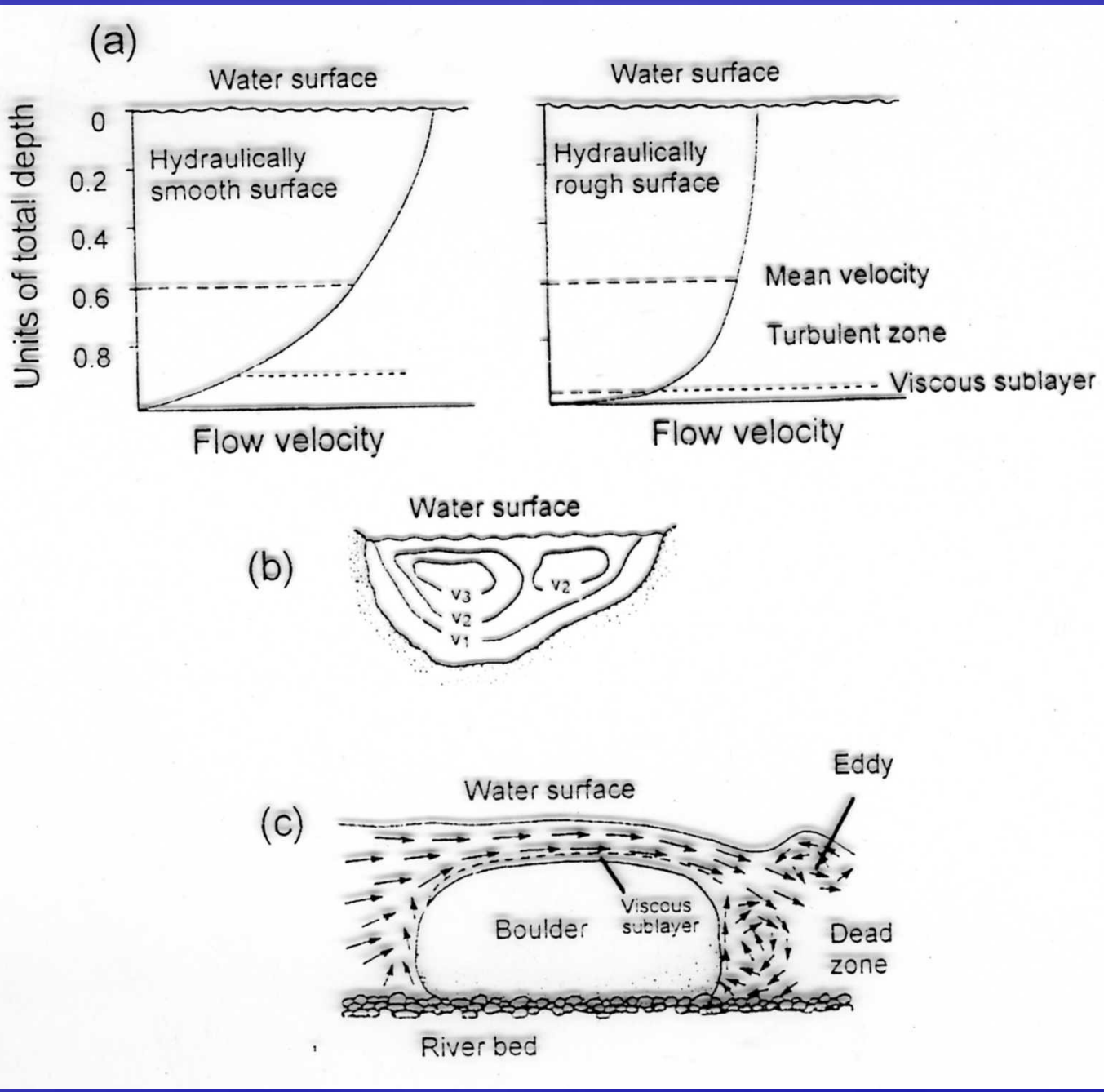


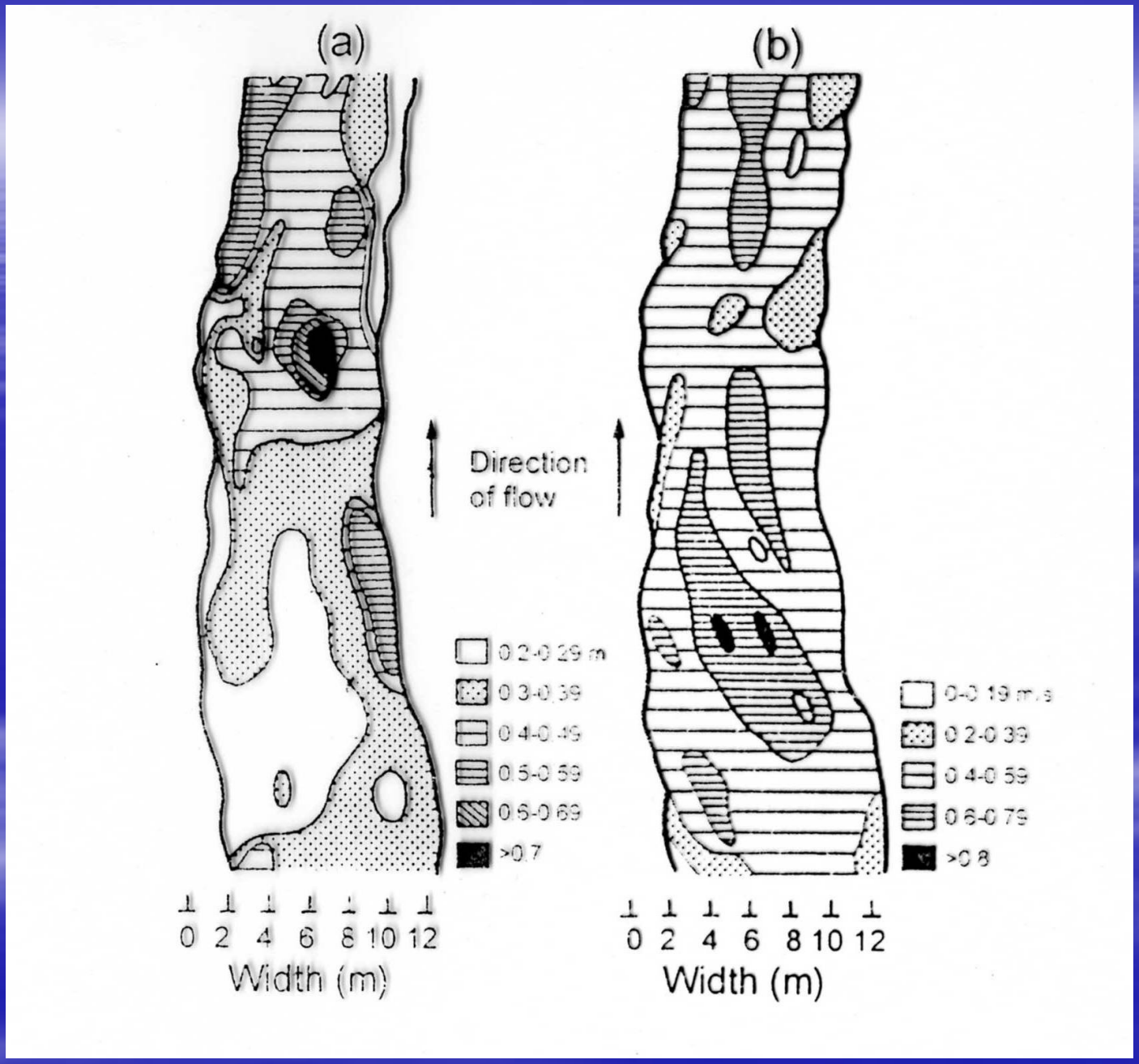
Spád, proudění a substrát dna

Physical factors of importance to the biota

TABLE 3.2 Some terms and equations useful in describing streamflow (Adapted from Davis and Barmuta, 1989; and Carling, 1992)

Terms			
$\bar{U}$	Mean velocity	Measured at 0.6 depth from surface or from velocity profile	
U_*	Shear velocity	Estimated from fine-scale velocity *versus* log depth profile at nearbed depths	
D	Water depth	Total depth, surface to bottom	
k	Height of surface roughness elements	Difficult to quantify; methods described in text	
ν	Kinematic viscosity	$1.004 \times 10^{-6}\ m^2\ s^{-1}$ at 20°C	
g	Acceleration due to gravity	$9.8\ m^2\ s^{-1}$	
Equations			
Re	Bulk flow Reynolds number		
	$Re = \bar{U}D/\nu$	$Re < 500$	⟹ laminar flow
		$500 < Re < 10^3$–10^4	⟹ transitional flow
		$Re > 10^3$–10^4	⟹ turbulent flow
Fr	Froude number		
	$Fr = \bar{U}\sqrt{(gD)}$	$Fr < 1$	⟹ sub-critical flow
		$Fr = 1$	⟹ critical flow
		$Fr > 1$	⟹ super-critical flow
D/k	Relative roughness	Height of roughness elements relative to water depth; influences flow type	
Re_*	Roughness Reynolds number	Describes flow near streambed	
	$Re_* = U_*k/\nu$	$Re_* < 5$	⟹ hydraulically smooth flow
		$5 < Re_* < 70$	⟹ transitional flow
		$Re_* > 70$	⟹ hydraulically rough flow
δ	Thickness of laminar sublayer	Describes region of viscous flow	
	$\delta = 11.5\nu/U_*$	$\delta/k < 1$	⟹ hydraulically smooth flow
		$\delta/k > 1$	⟹ hydraulically rough flow


(a)
Water surface
Water surface
Units of total depth
0
0.2
0.4
0.6
0.8
Hydraulically smooth surface
Hydraulically rough surface
Mean velocity
Turbulent zone
Viscous sublayer
Flow velocity
Flow velocity
(b)
Water surface
v3
v2
v1
v2
(c)
Eddy
Water surface
Boulder
Viscous sublayer
Dead zone
River bed


(a)
(b)
Direction of flow
0.2-0.29 m
0.3-0.39
0.4-0.49
0.5-0.59
0.6-0.69
>0.7
0-0.19 m/s
0.2-0.39
0.4-0.59
0.6-0.79
>0.8
0 2 4 6 8 10 12
Width (m)
0 2 4 6 8 10 12
Width (m)

Proudění a koryto toku

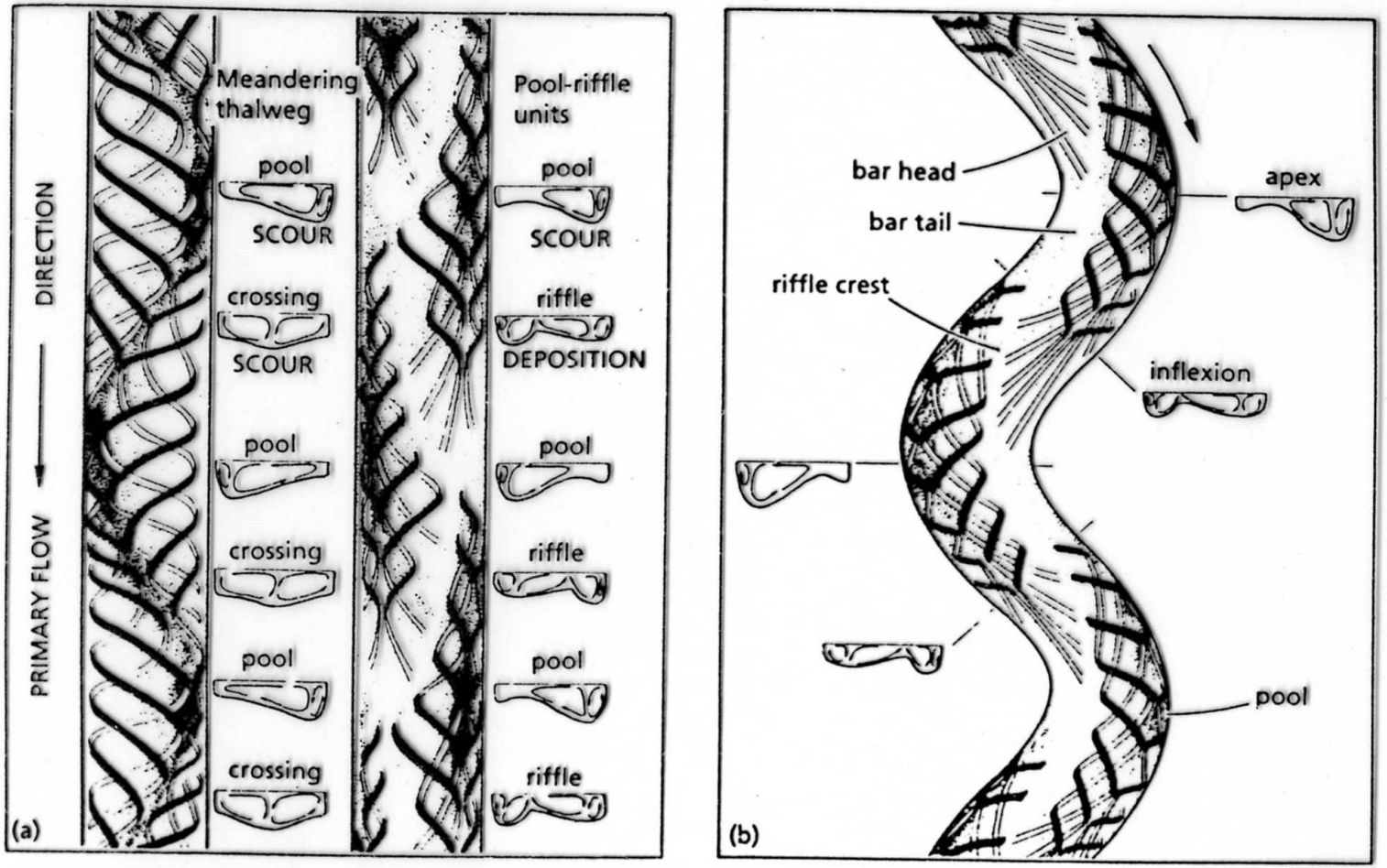


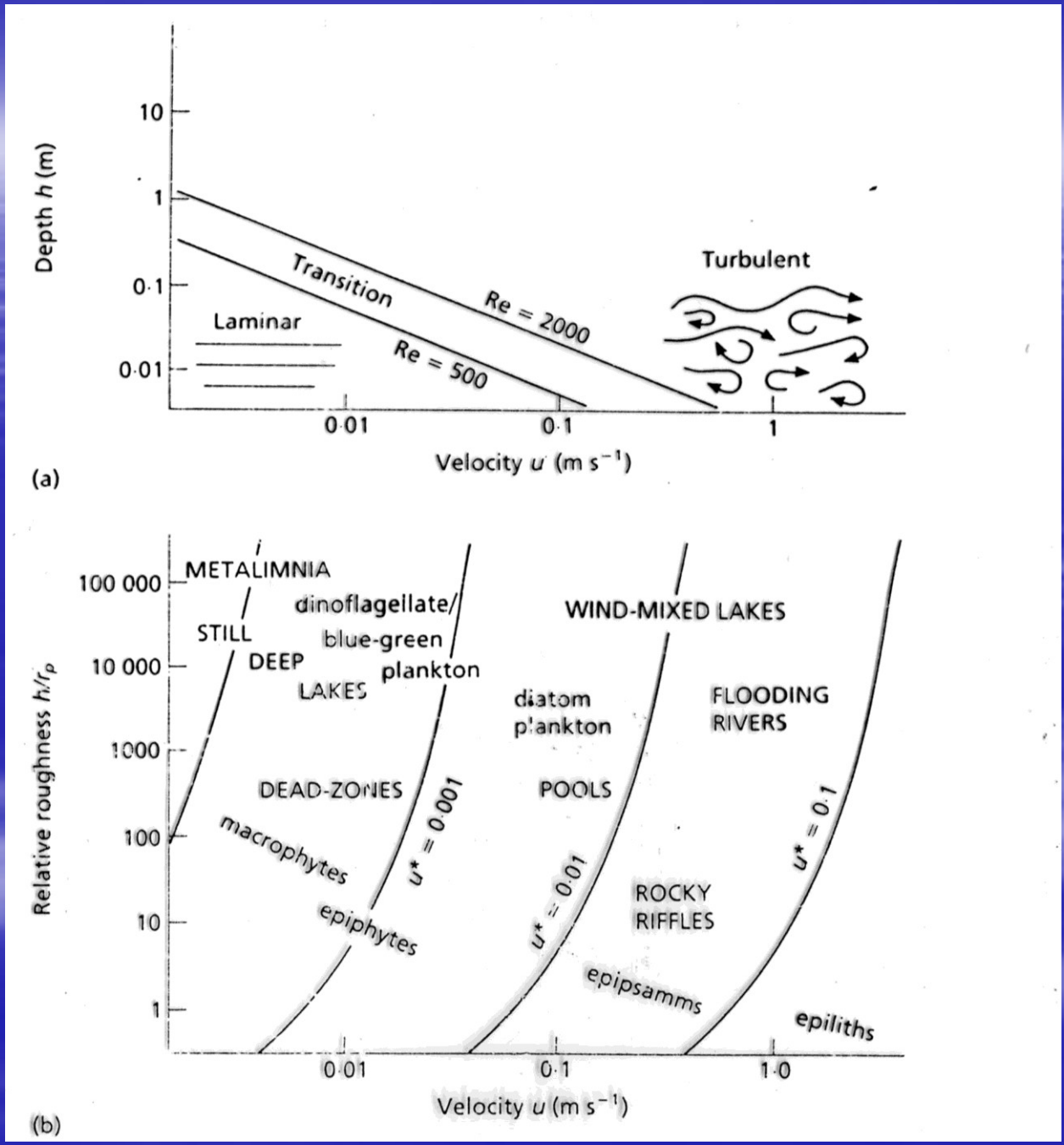
FIGURE 7-5 Models of flow structure in (a) straight and (b) meandering channels. (From Carling, 1992, after Thompson, 1986. Secondary flows and the poolriffle unit: a case study of the processes of meander development. Earth Surface Processes and Landforms *11*:631–641, © John Wiley & Sons Limited. Reproduced

Substrát – drsnost dna

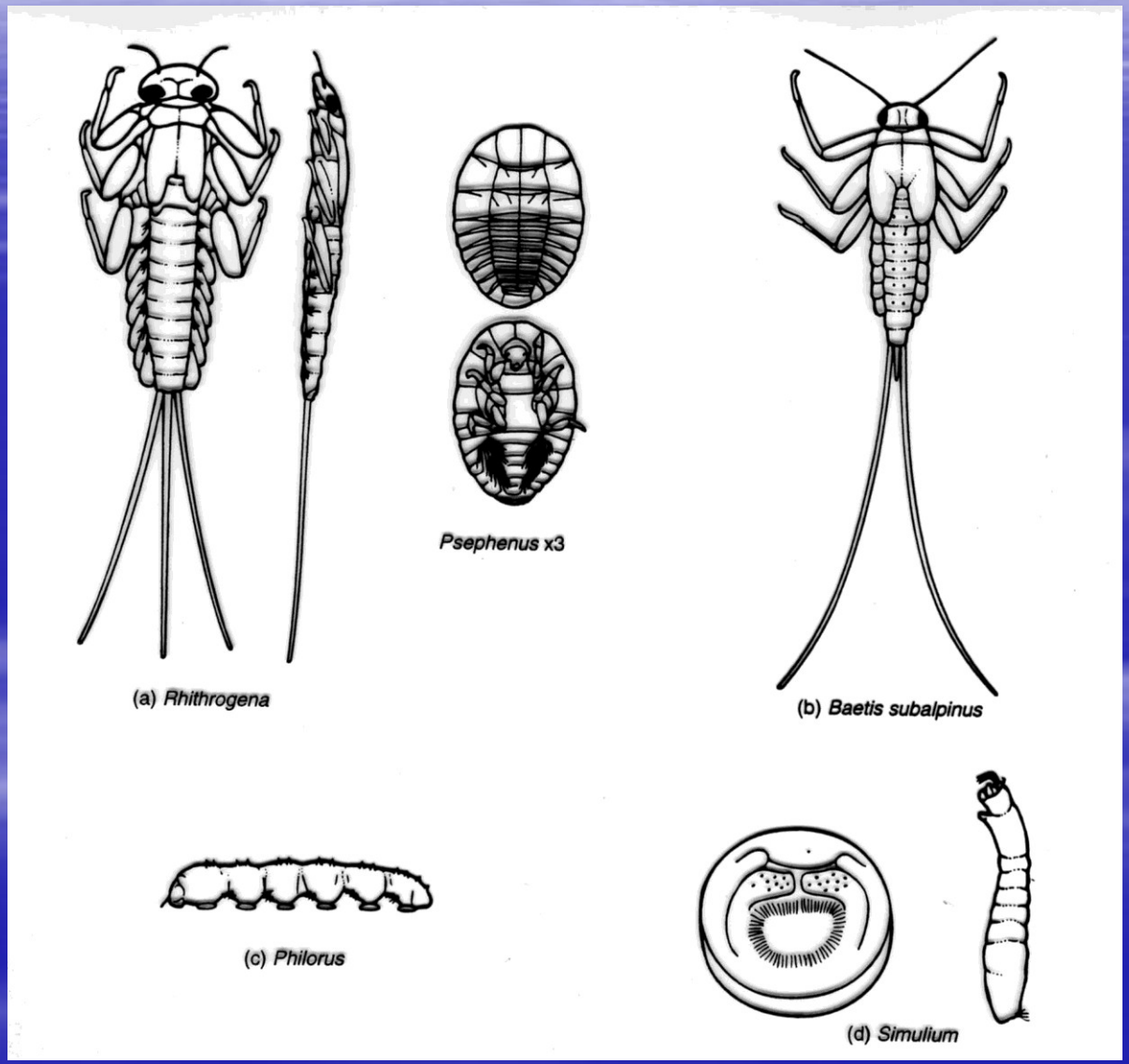
TABLE 3.3 The classification of mineral substrates by particle size, according to the Wentworth Scale (After Cummins, 1962; Minshall, 1984)

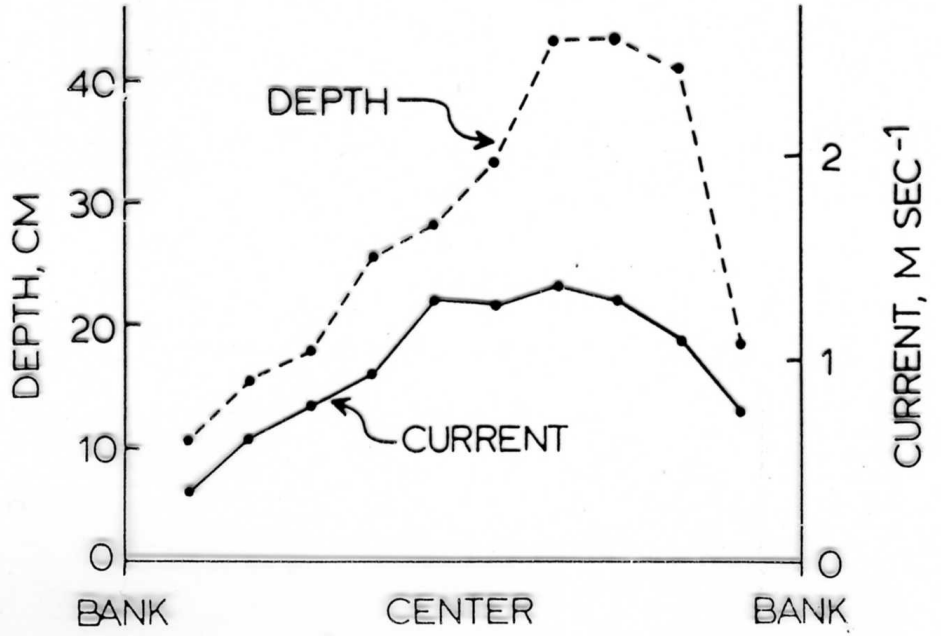
Size Category	*Particle Diameter (range in mm)*	*Phi (ϕ) Value ($-\log_2$ smallest diameter)*
Boulder	>256	≤−8
Cobble		
Large	128–256	−7
Small	64–128	−6
Pebble		
Large	32–64	−5
Small	16–32	−4
Gravel		
Coarse	8–16	−3
Medium	4–8	−2
Fine	2–4	−1
Sand		
Very coarse	1–2	0
Coarse	0.5–1	1
Medium	0.25–0.5	2
Fine	0.125–0.25	3
Very fine	0.063–0.125	4
Silt	<0.063	≥5

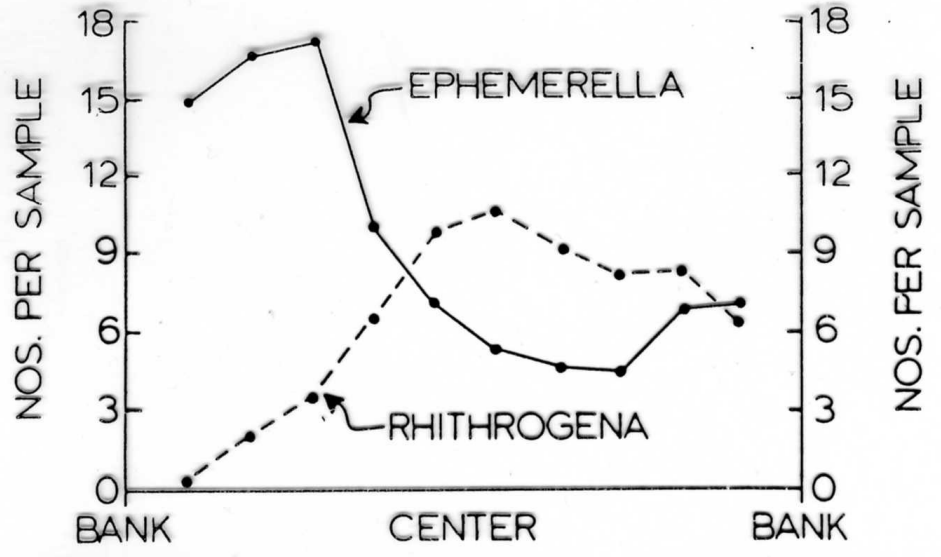
Proudění a organismy



Rheobionti, rheophilové, rheoxenové

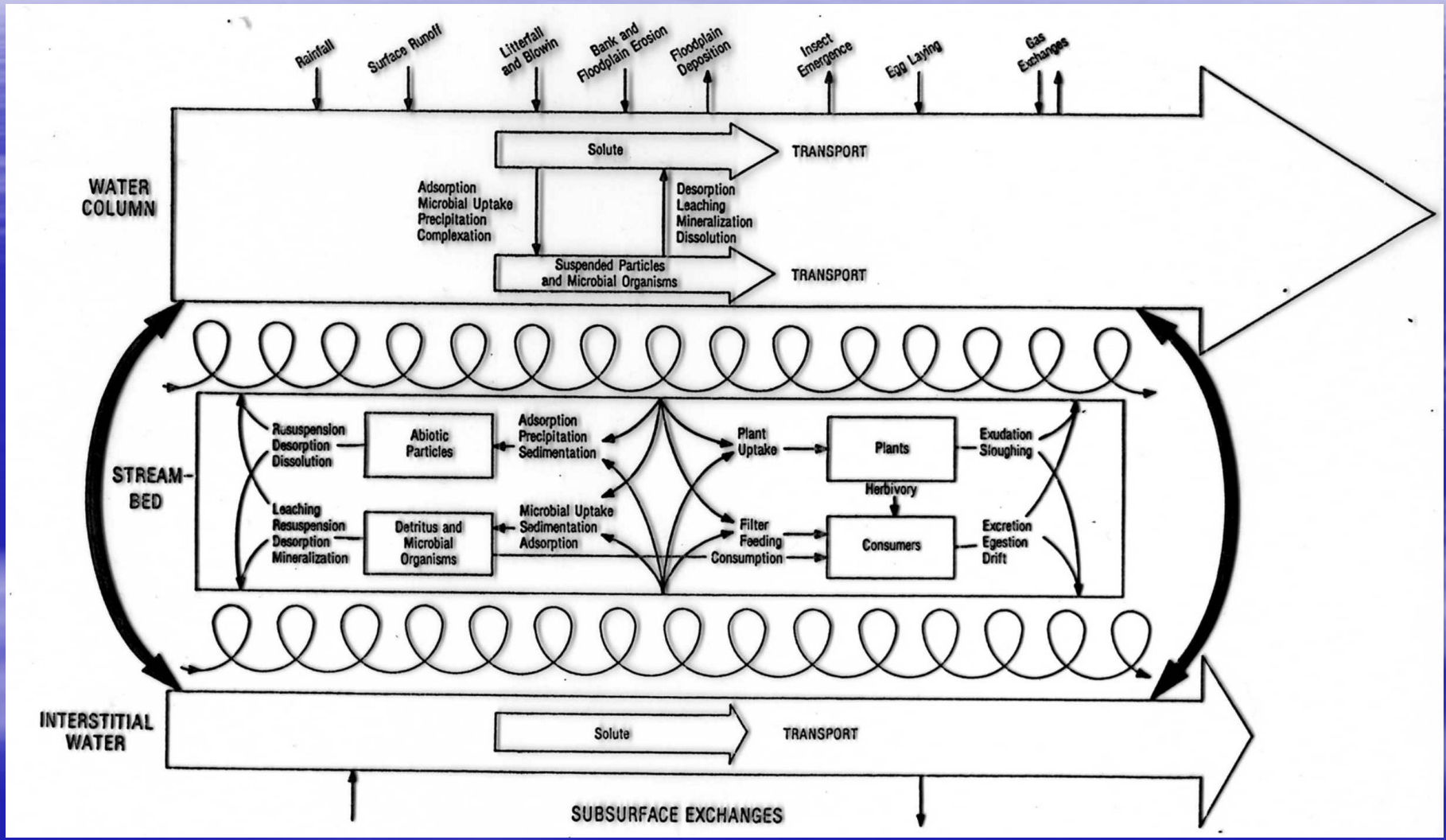



DEPTH
CURRENT
DEPTH, CM
CURRENT, M SEC-1
40
30
20
10
0
2
1
0
BANK
CENTER
BANK

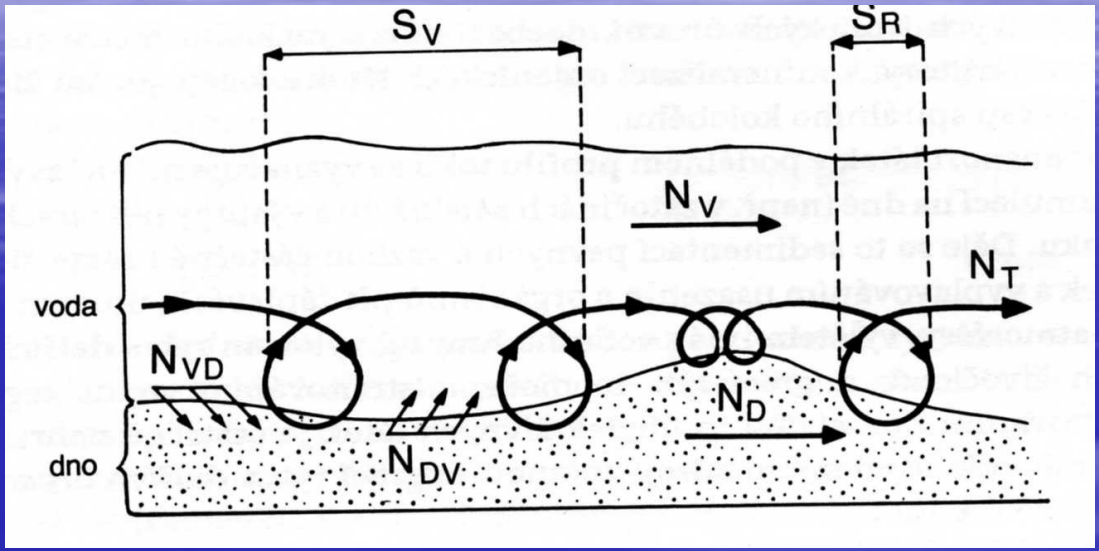

EPHEMERELLA
RHITHROGENA
NOS. PER SAMPLE
NOS. PER SAMPLE
18
15
12
9
6
3
0
BANK
CENTER
BANK

Vstupy energie – koloběh látek

- Světlo a teplo
- Allochtonní organická hmota – CPOM, FPOM, DOM
- Autochtonní organická hmota
  - Primární producenti
    - Nárosty řas, makrofyta
  - Konzumenti
    - Bentos
    - Potamoplankton
    - Nekton
  - Destruenti – biologicky aktivní povrch, biofilm


Rainfall
Surface Runoff
Litterfall and Blowin
Bank and Floodplain Erosion
Floodplain Deposition
Insect Emergence
Egg Laying
Gas Exchanges
WATER COLUMN
Solute
TRANSPORT
Adsorption
Microbial Uptake
Precipitation
Complexation
Desorption
Leaching
Mineralization
Dissolution
Suspended Particles and Microbial Organisms
TRANSPORT
STREAM-BED
Resuspension
Desorption
Dissolution
Abiotic Particles
Adsorption
Precipitation
Sedimentation
Plant Uptake
Plants
Exudation
Sloughing
Herbivory
Leaching
Resuspension
Desorption
Mineralization
Detritus and Microbial Organisms
Microbial Uptake
Sedimentation
Adsorption
Filter Feeding
Consumption
Consumers
Excretion
Egestion
Drift
INTERSTITIAL WATER
Solute
TRANSPORT
SUBSURFACE EXCHANGES

Spirální koloběh



$$S = v \,.\, h,$$

kde S = spirální délka, v = průměrná rychlost přesunu látky ($m \,.\, s^{-1}$), h = čas (s).

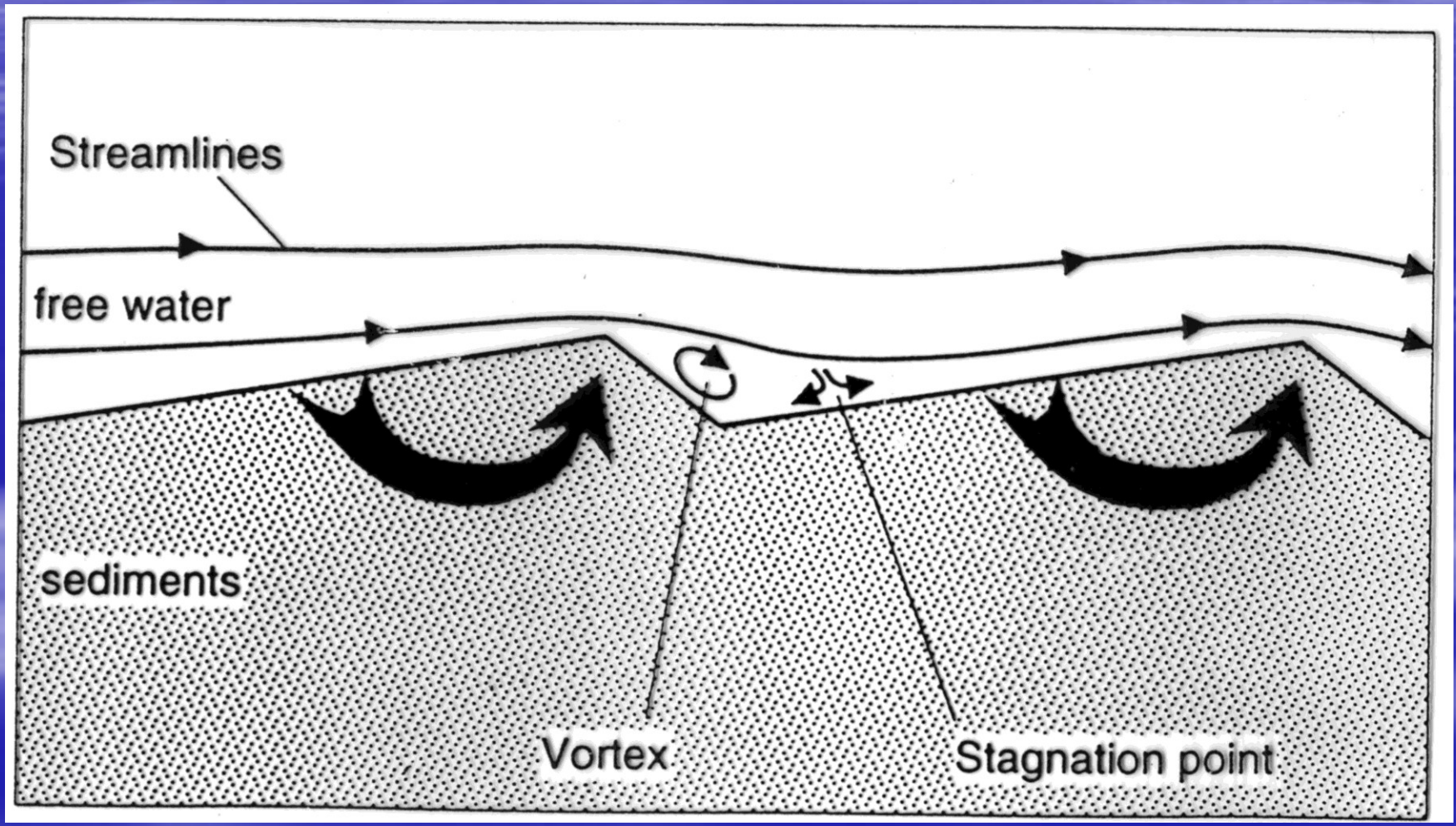
$$S = S_V + S_R,$$

kde S_V = délka dráhy biologicky využitelných rozpuštěných látek, S_R = délka obratu látkového cyklu.

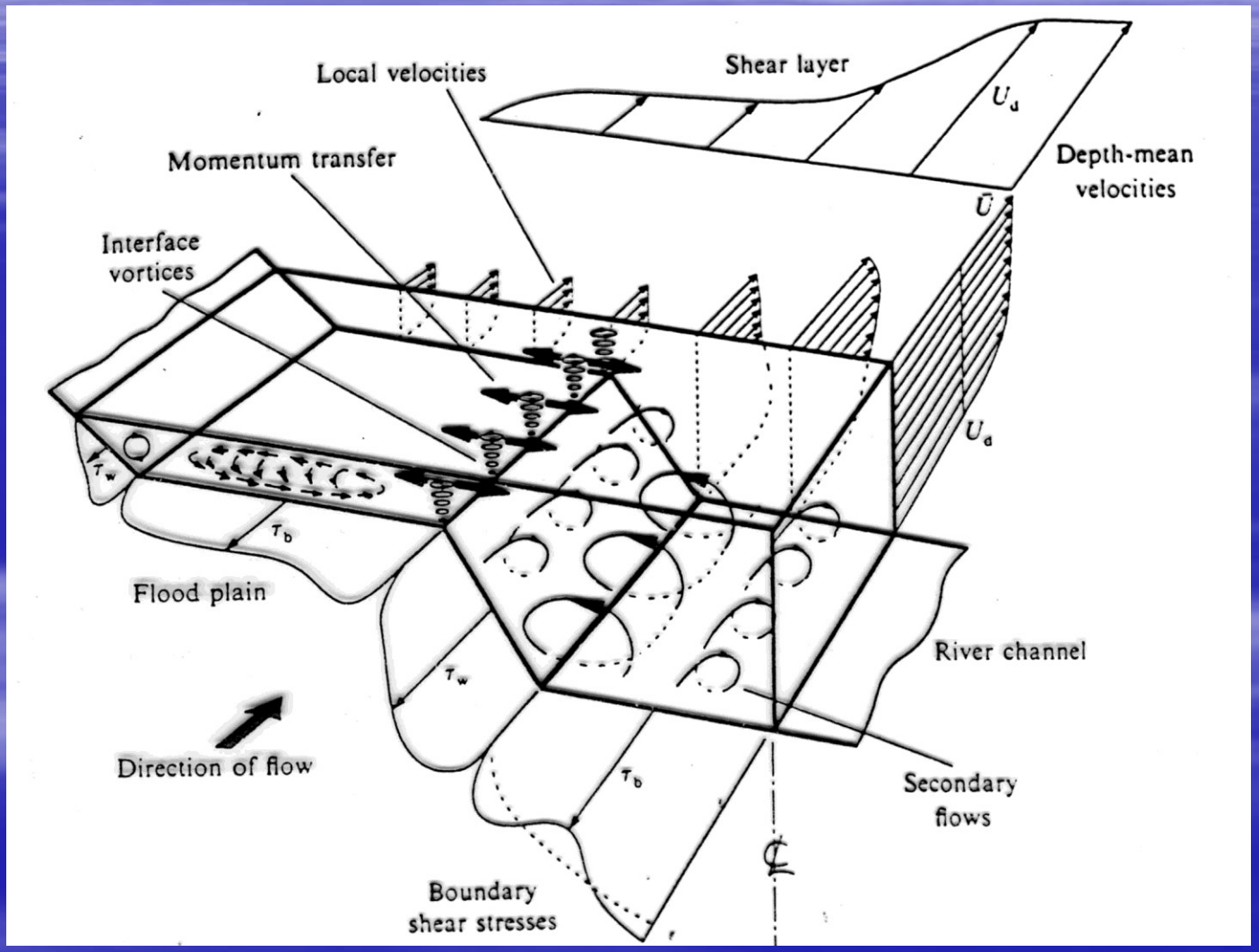
$$S = \frac{N_T}{(N_{VD} \,.\, š)},$$

kde N_T = celkový přenos látky (živiny) tokem ($g \,.\, s^{-1}$), N_{VD} = přestup rozpuštěné látky z vody do dna ($g \,.\, m^{-2} \,.\, s^{-1}$), $š$ = šířka toku (m). Ukazatel N_{DV} představuje výstup rozpuštěných látek ze dna do vody a za rovnovážného stavu toku je roven N_{VD}.

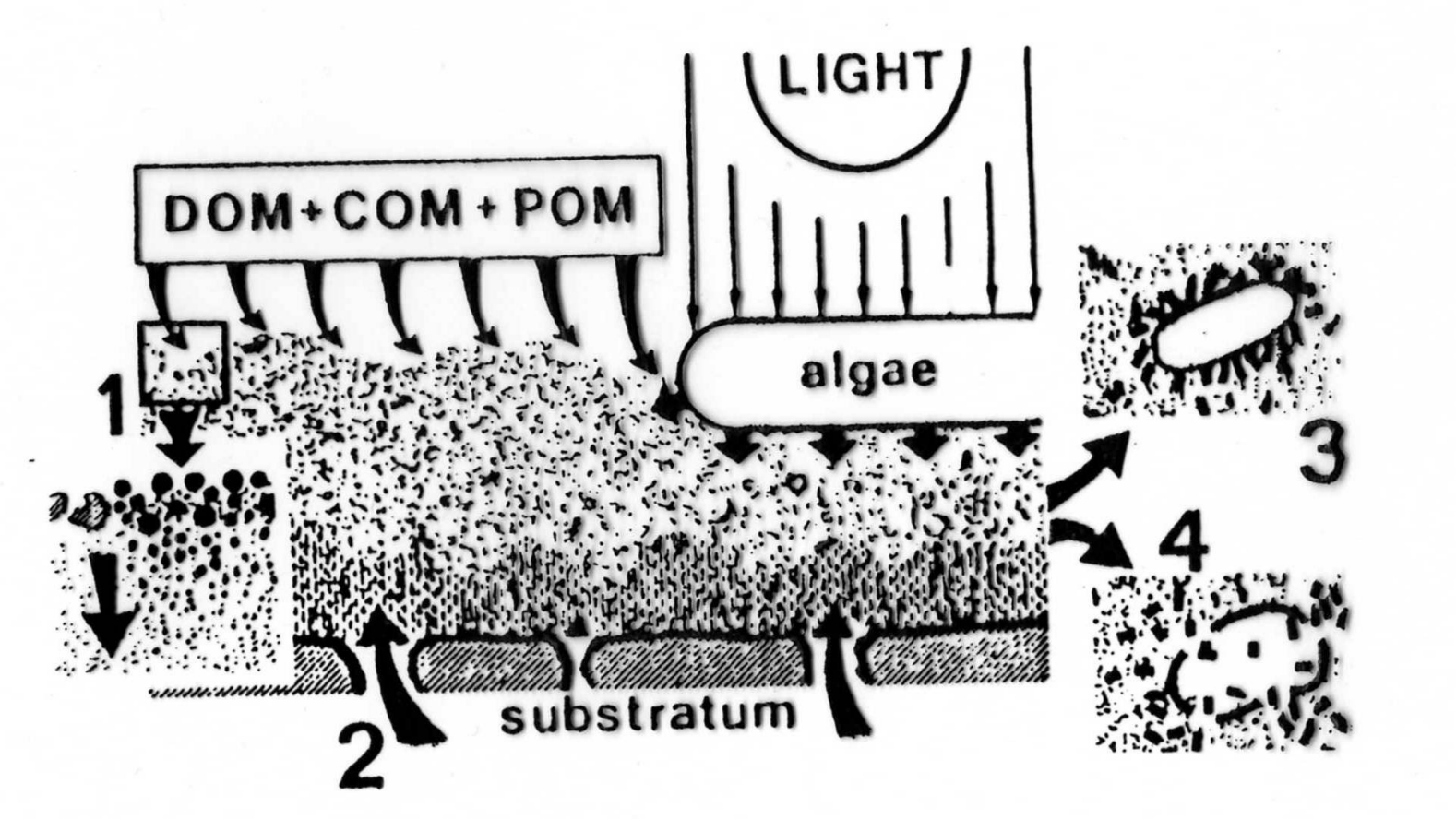
Spirální koloběh – podélný profil



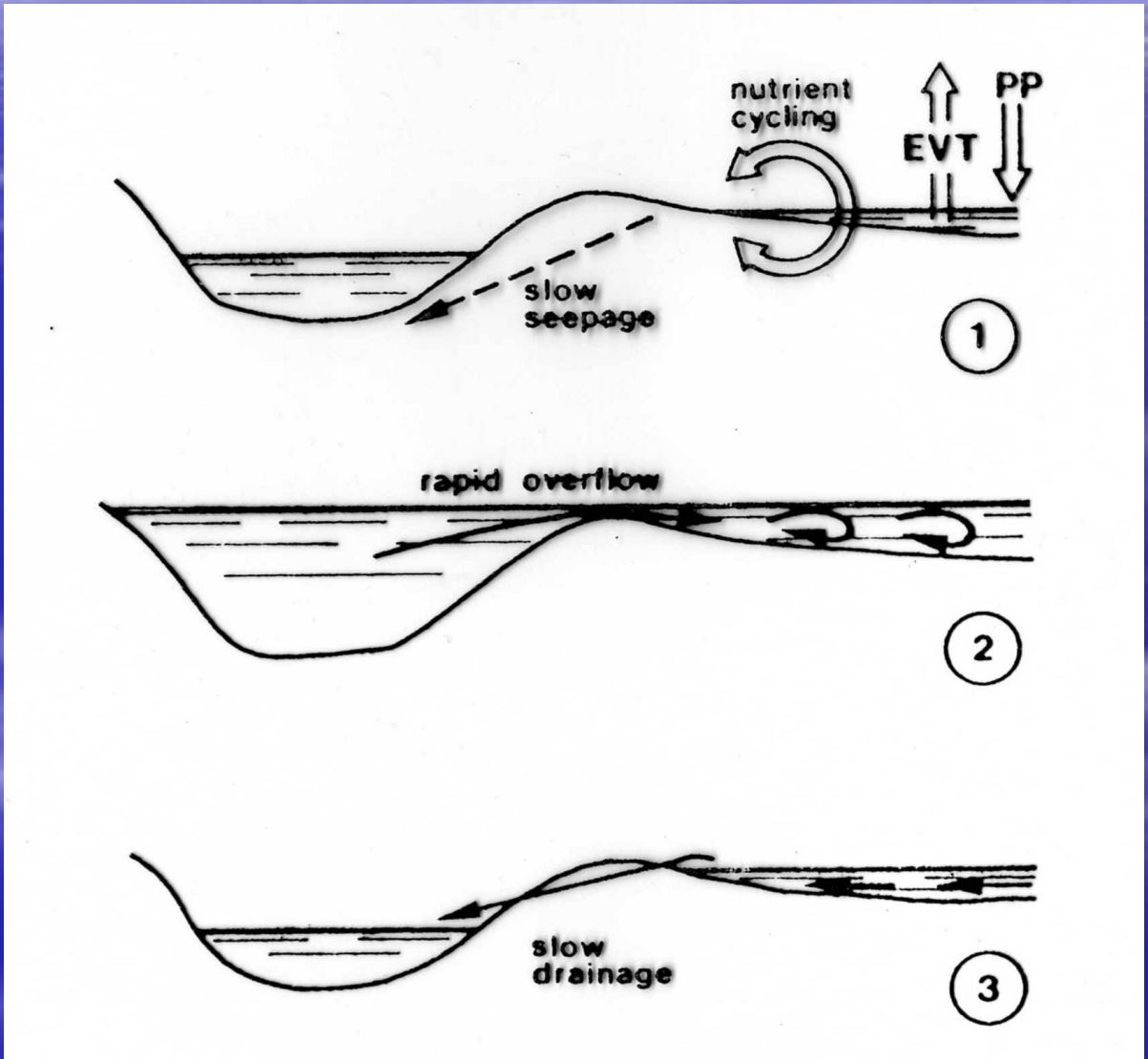
Spirální koloběh – v prostoru

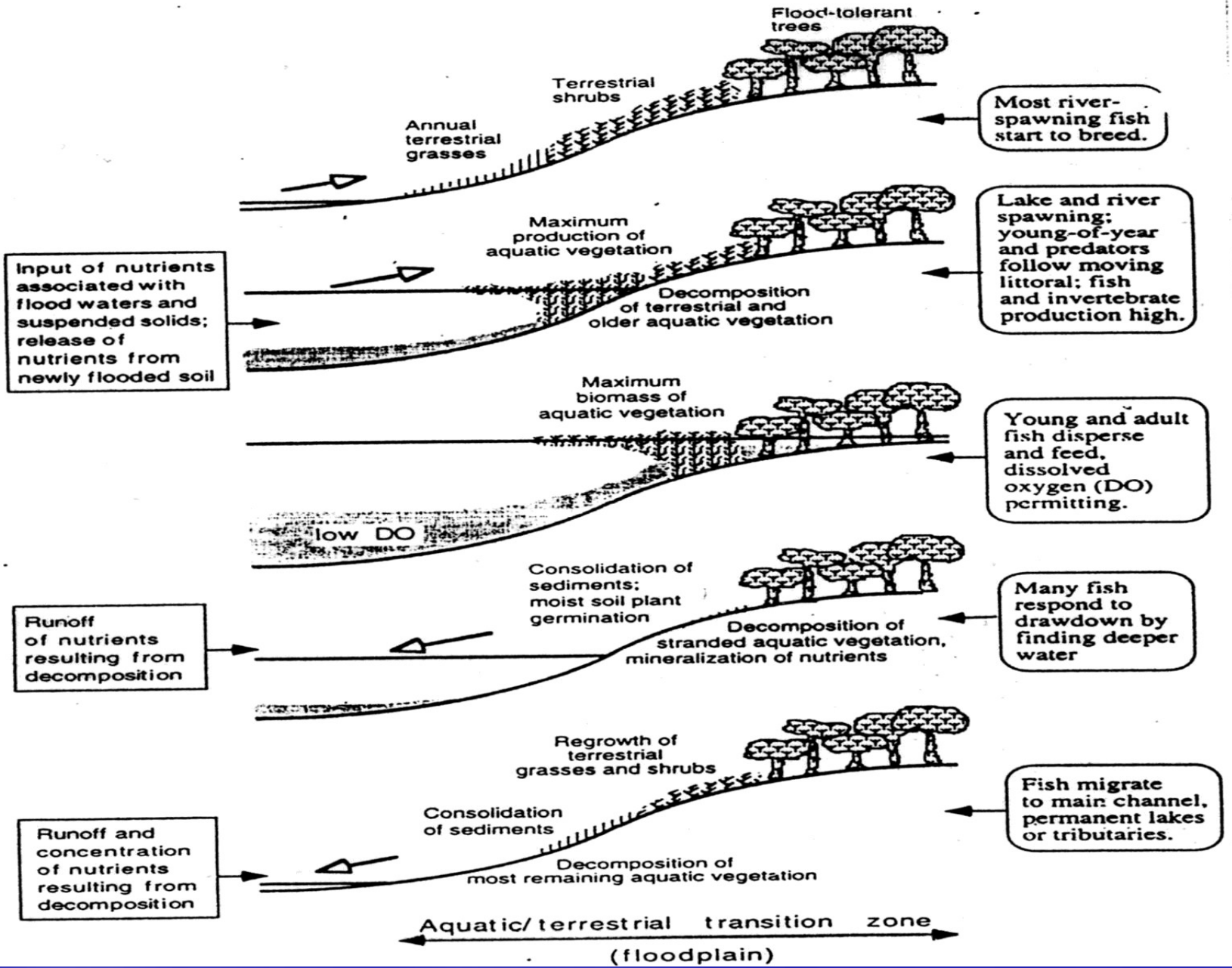


Spirální koloběh - biofilm

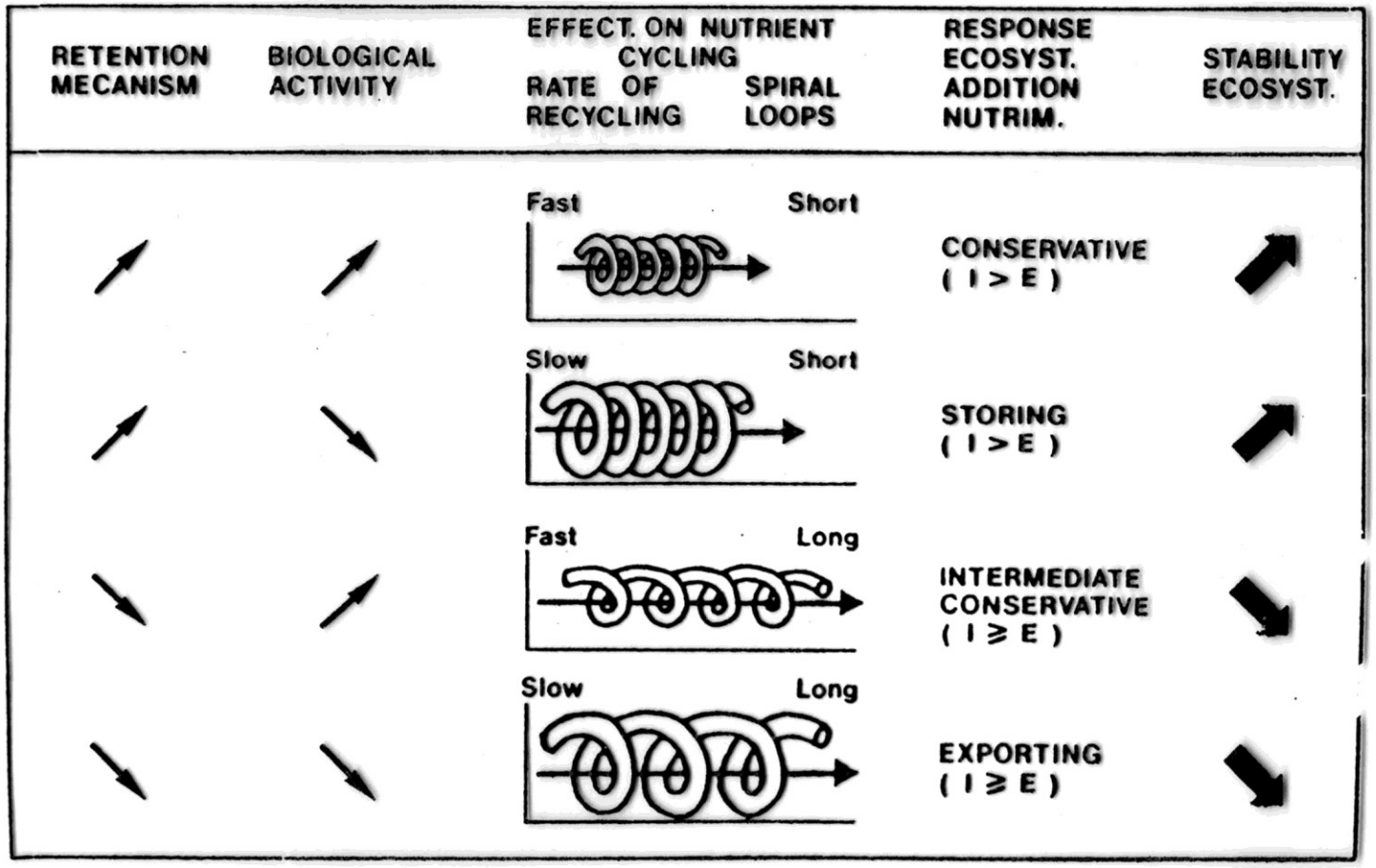


Spirální koloběh - aluvium

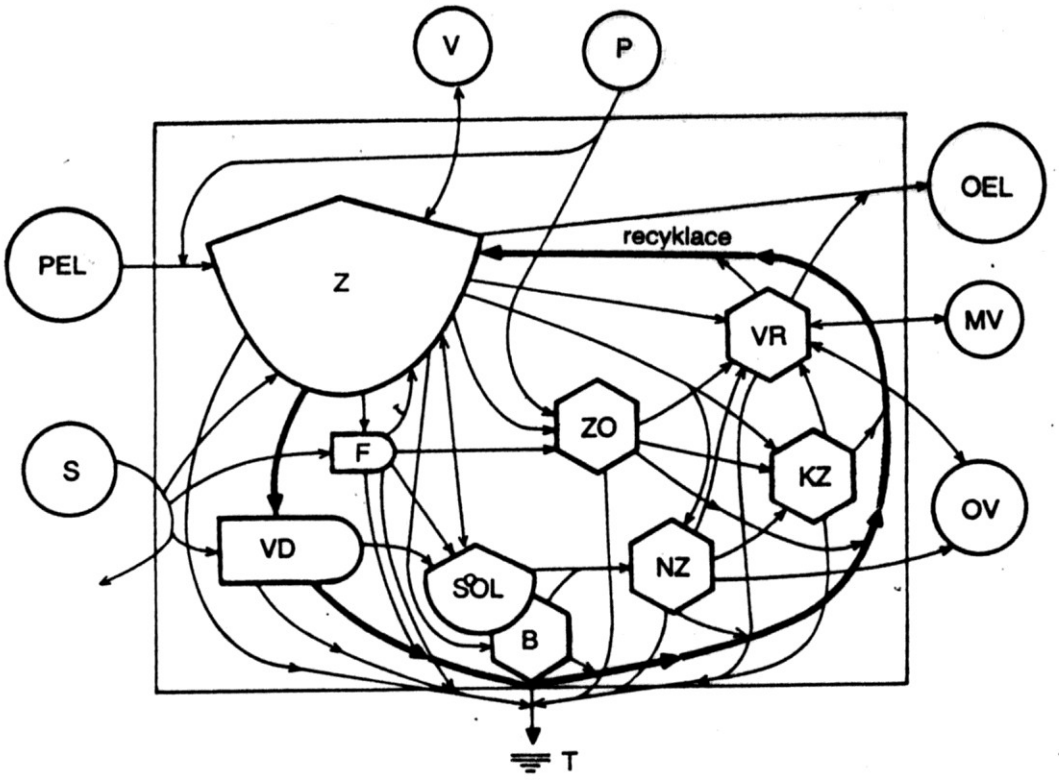



Flood-tolerant trees
Terrestrial shrubs
Annual terrestrial grasses
Most river-spawning fish start to breed.
Maximum production of aquatic vegetation
Input of nutrients associated with flood waters and suspended solids; release of nutrients from newly flooded soil
Decomposition of terrestrial and older aquatic vegetation
Lake and river spawning; young-of-year and predators follow moving littoral; fish and invertebrate production high.
Maximum biomass of aquatic vegetation
low DO
Young and adult fish disperse and feed, dissolved oxygen (DO) permitting.
Consolidation of sediments; moist soil plant germination
Runoff of nutrients resulting from decomposition
Decomposition of stranded aquatic vegetation, mineralization of nutrients
Many fish respond to drawdown by finding deeper water
Regrowth of terrestrial grasses and shrubs
Consolidation of sediments
Runoff and concentration of nutrients resulting from decomposition
Decomposition of most remaining aquatic vegetation
Fish migrate to main channel, permanent lakes or tributaries.
Aquatic/terrestrial transition zone
(floodplain)

Spirální koloběh – tvary spirál

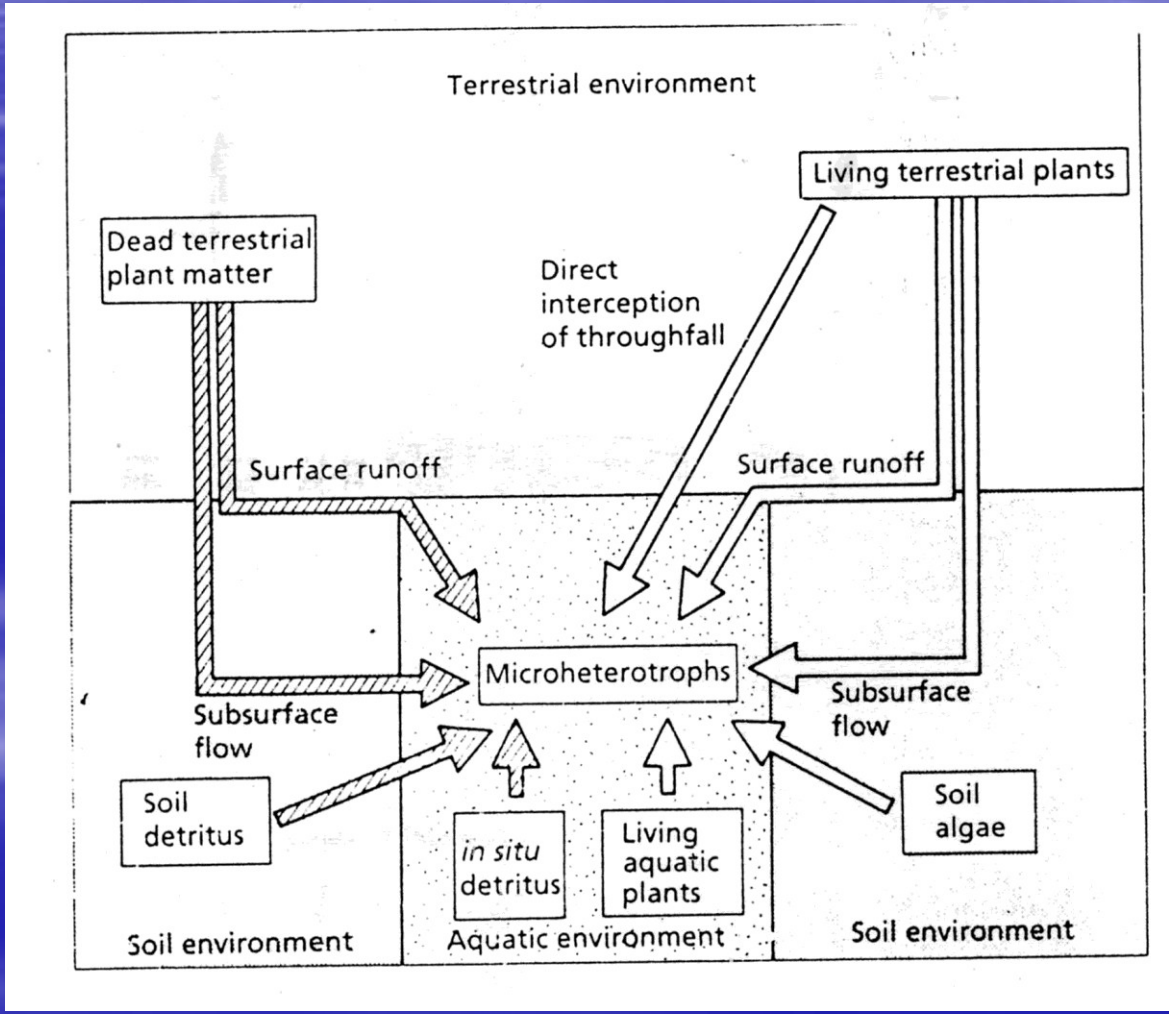


Spirála, organismy a toky energie

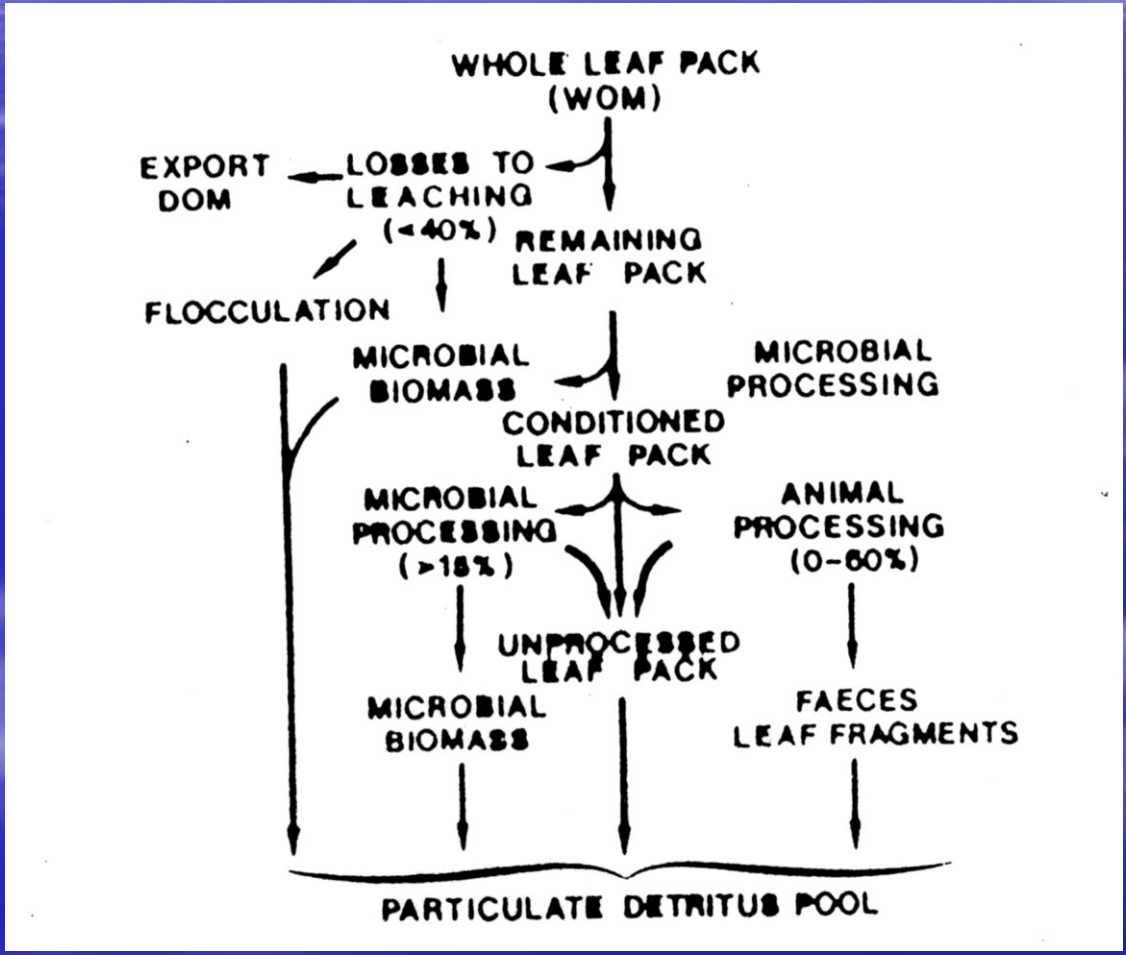


35. Základní vztahy v ekosystému tekoucích vod. Mimo zarámovanou část: *V* atmosféra, *P* podloží, *OEL* a *PEL* odsun a přísun energie a látek tokem, *S* sluneční záření, *MV* migrace a vysazování ryb, *OV* odlov ryb, sběr bezobratlých aj., *T* ztráty potencionální energie ve formě tepla. V zarámované části: *Z* zásobník energie a živných látek, *F* fytoplankton, *VD* vegetace dna, *SOL* sedimenty a organické látky, *ZO* filtrátoři, *B* mikrobiální organismy, *NZ* nekarnivorní zoobentos, *KZ* karnivorní zoobentos, *VR* velké druhy ryb (H. T. Odum, 1983, upraveno)

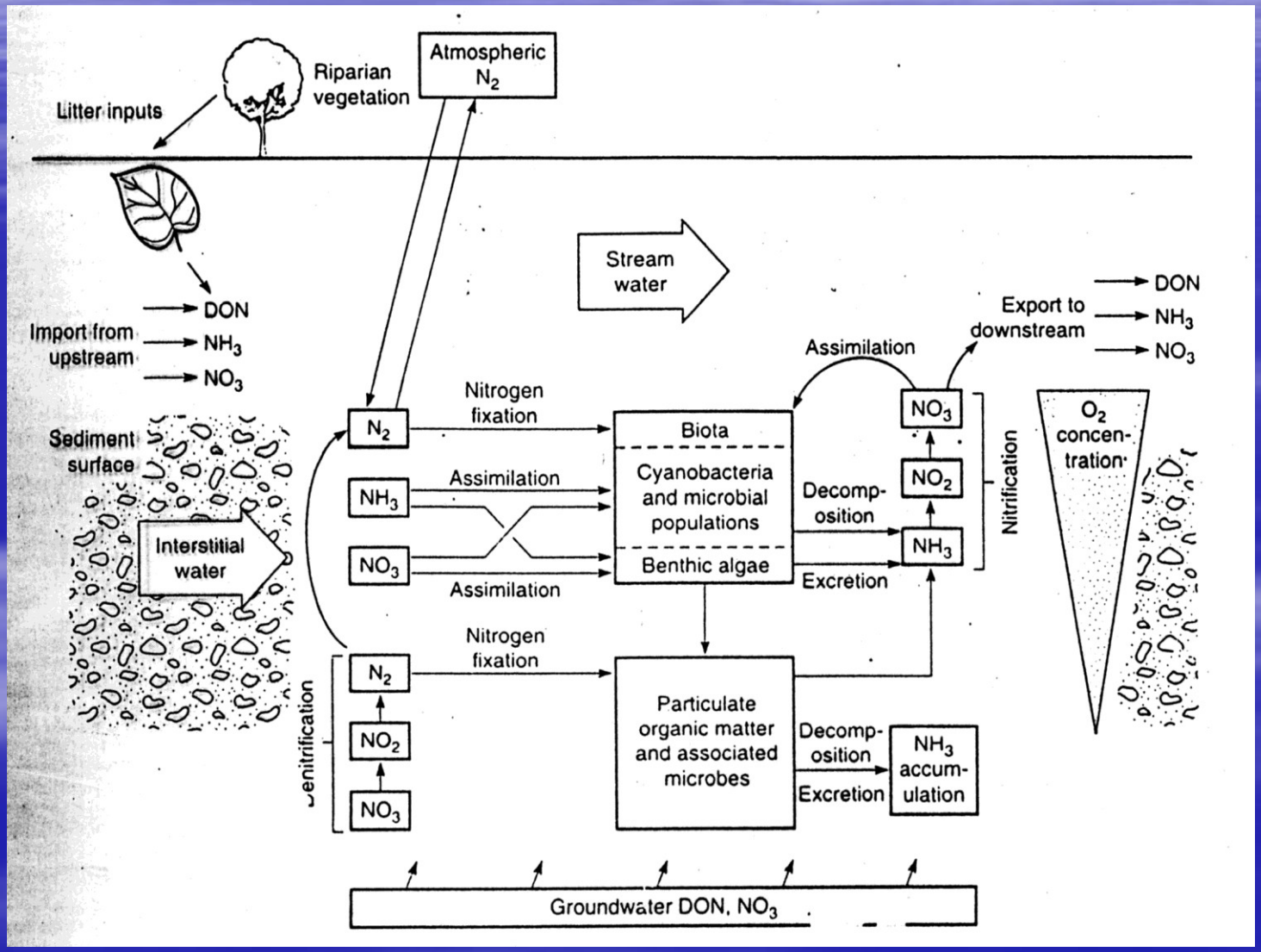
Zdroje organické hmoty



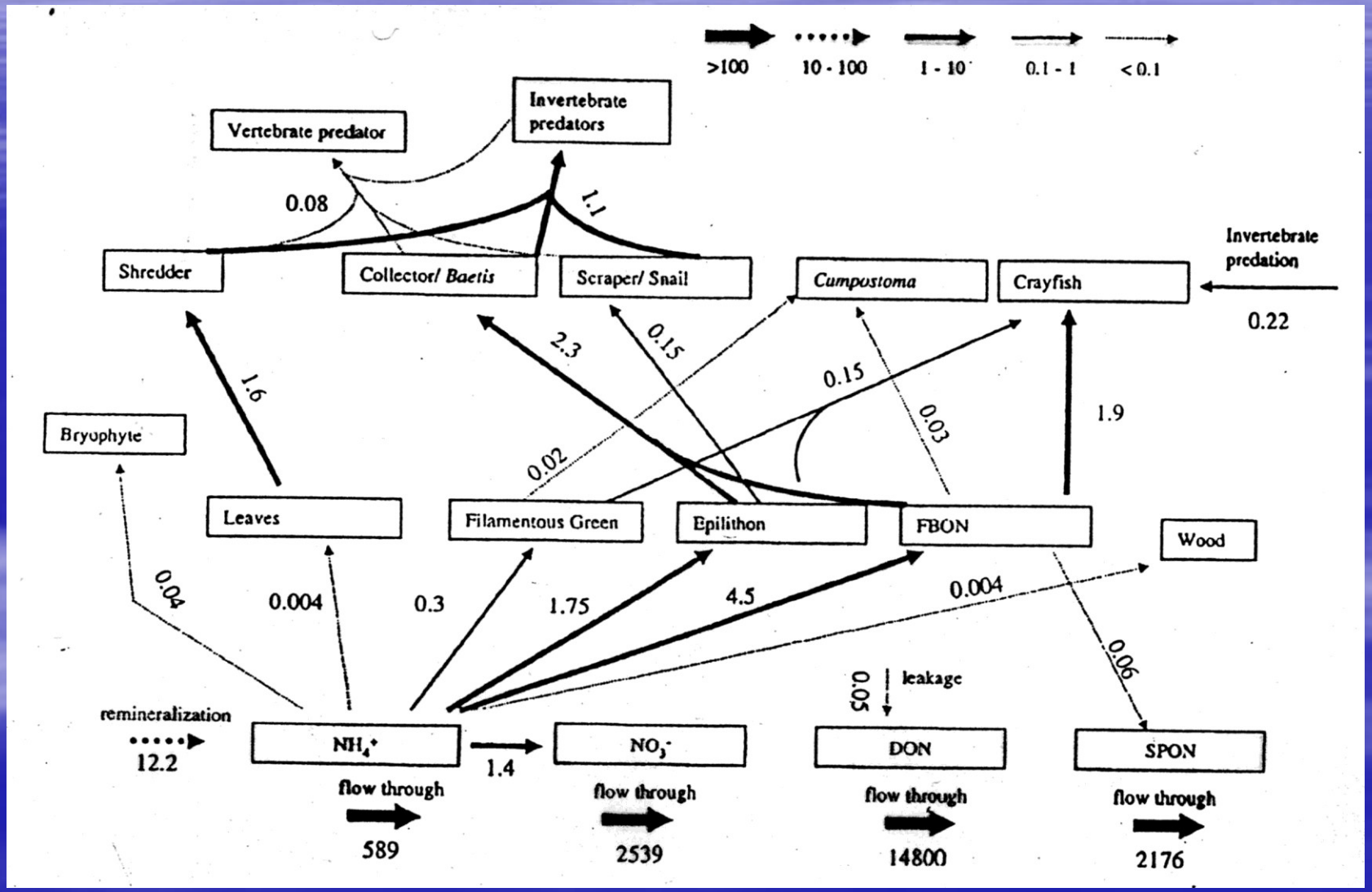
Rozklad organické hmoty



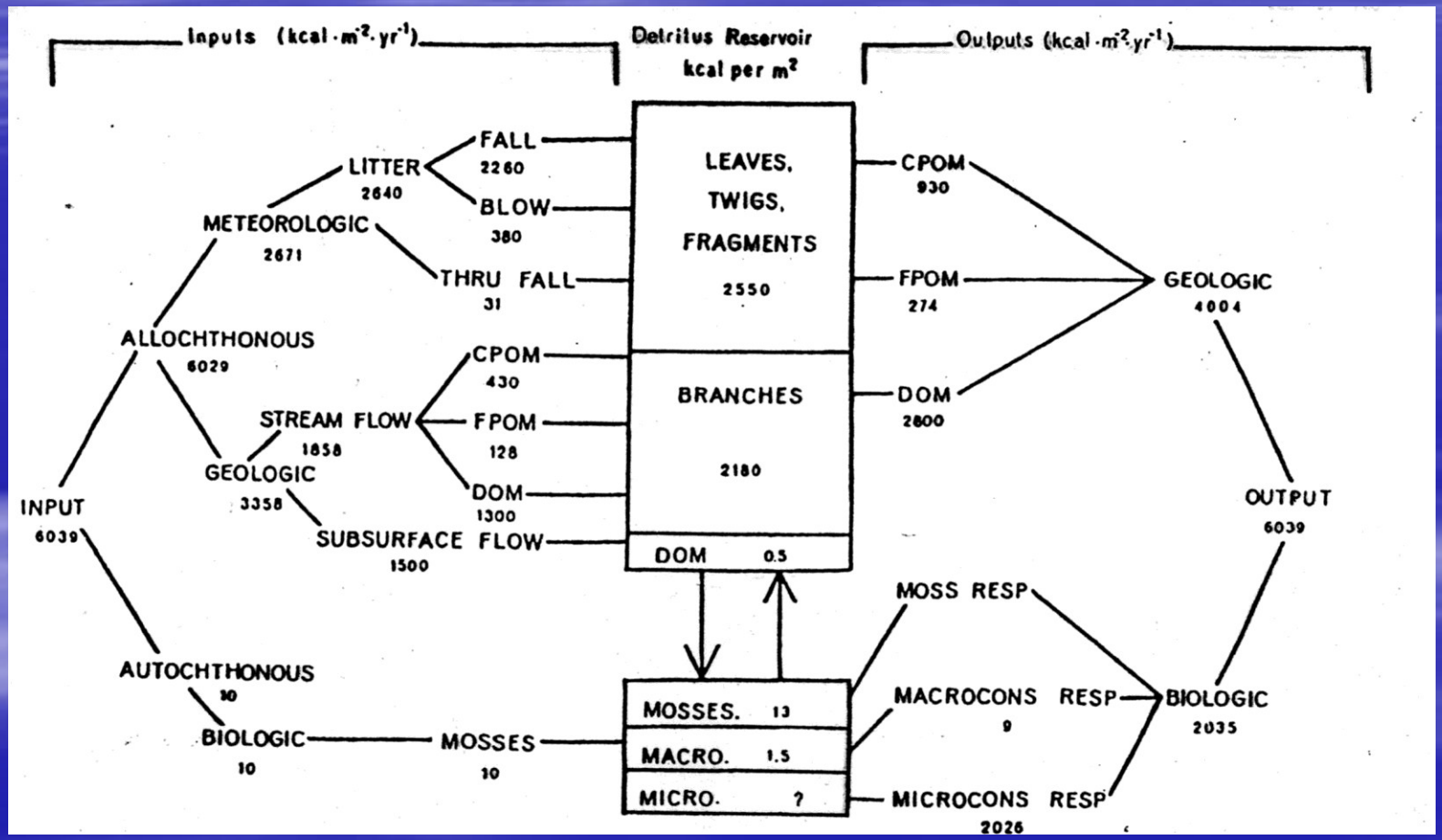
Koloběh a transformace N



Tok dusíku systémem – mgN/m^2/d

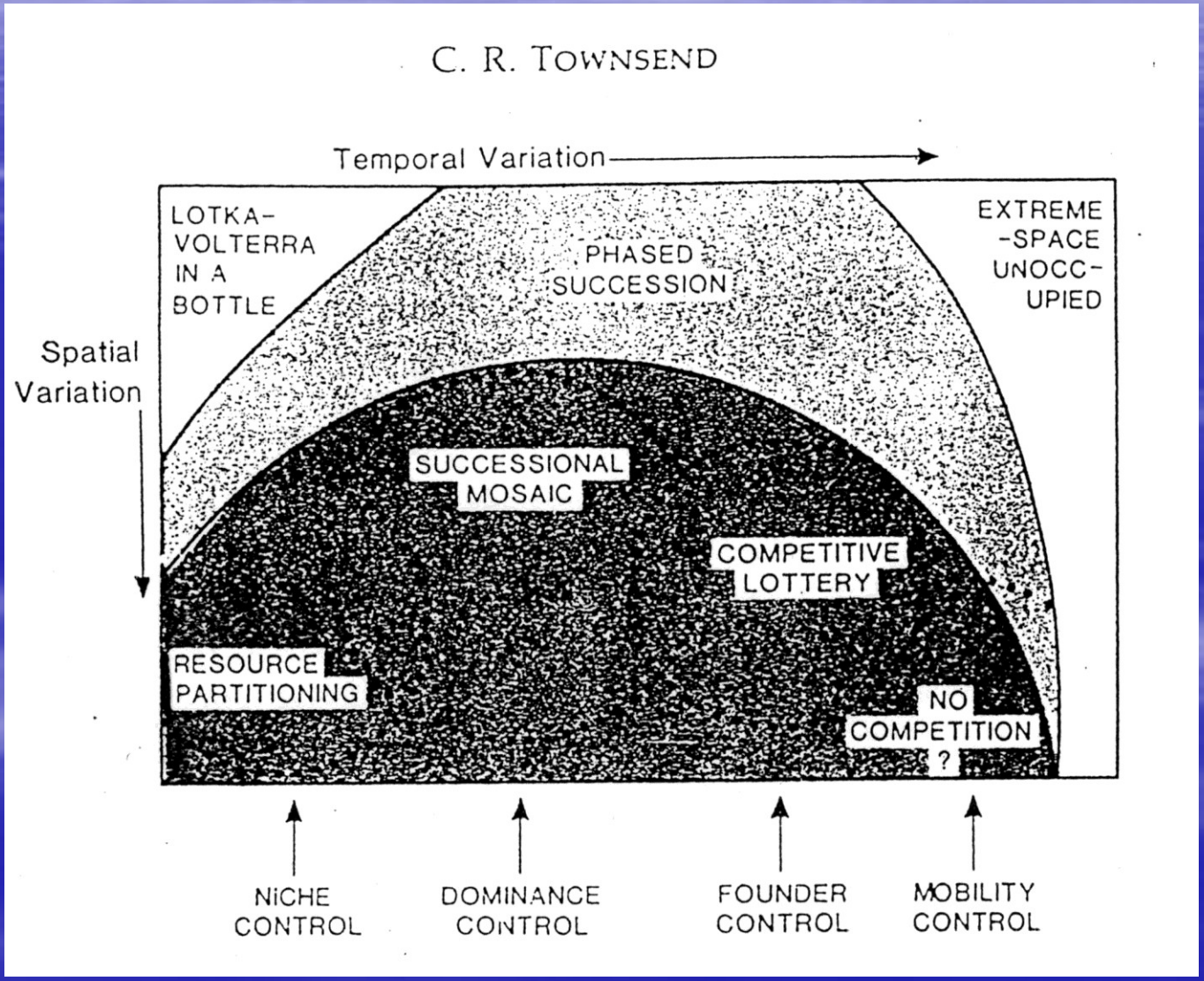


Tok energie systémem (rok)



Kolonizace a sukcese

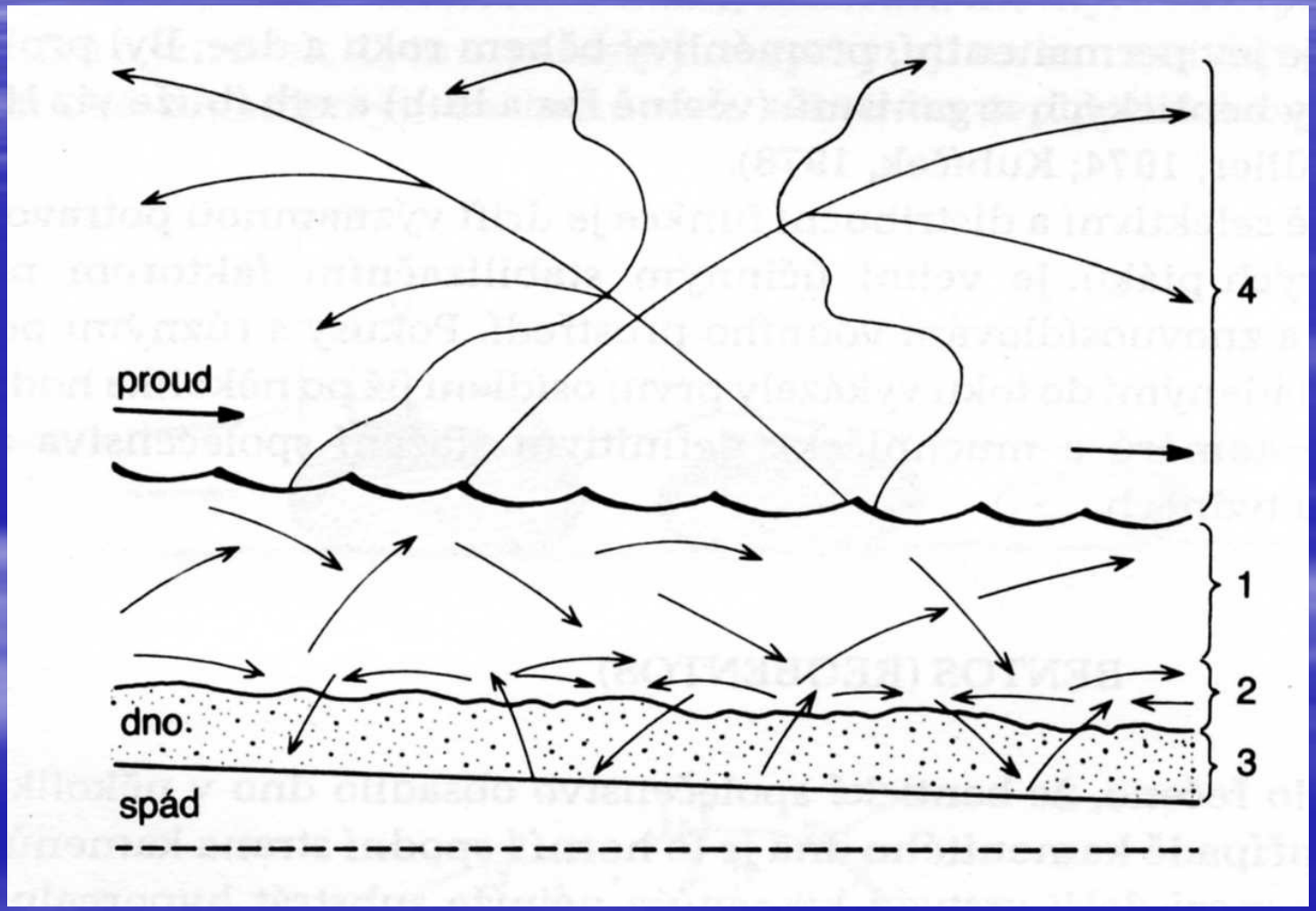
Koncept dynamické mozaiky



Drift – sukcesní a udržovaní mechanismus

- Český termín – snos – pasivní pohyb ve vodním sloupci
- Několik typů
  - Emergentní drift
  - Terestrický drift
  - Katastrofický drift
  - Organický drift (živé nebo topící se organismy)
- Poproudový a protiproudový drift (aktivní)

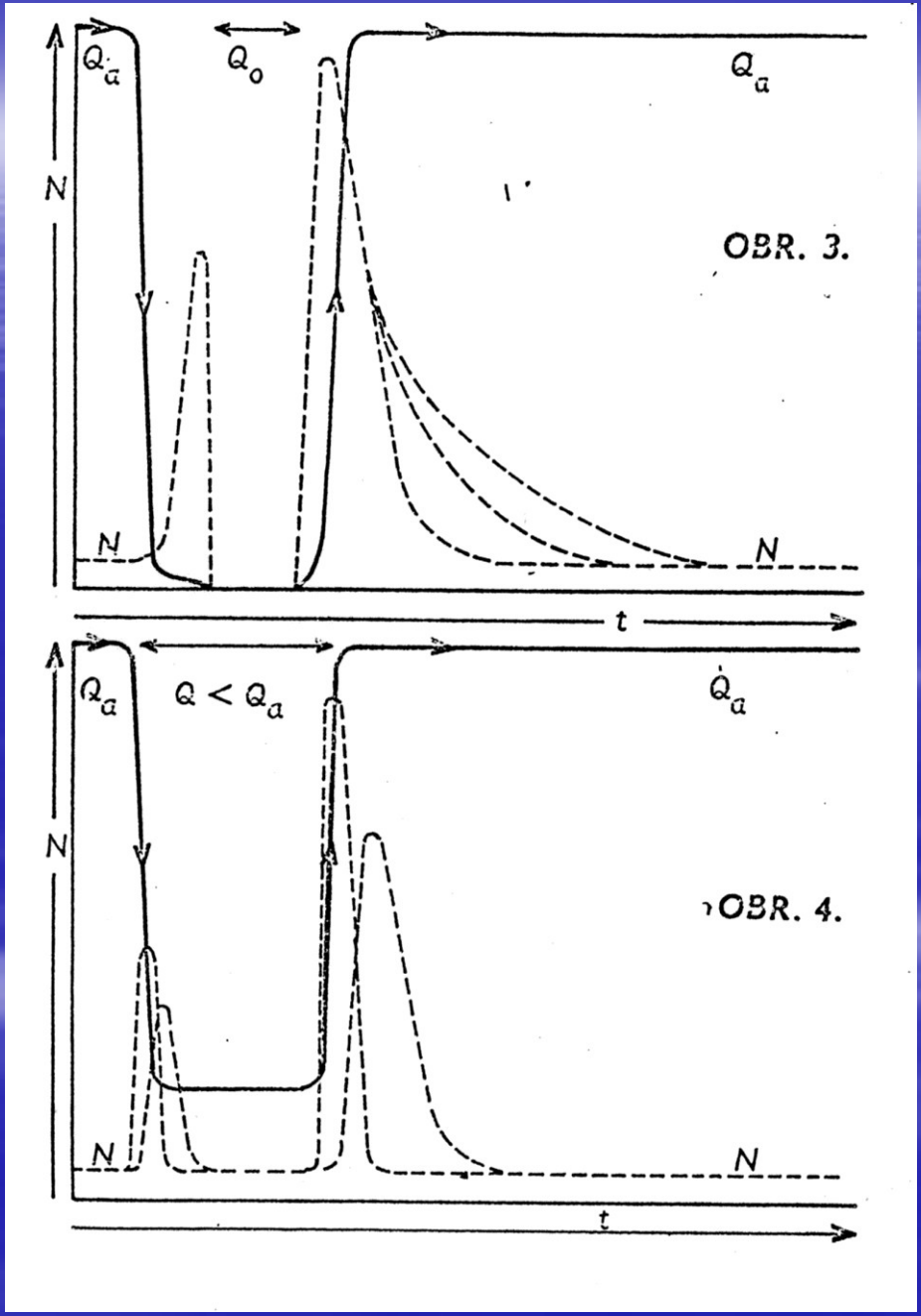
Drift – sukcesní a udržovaní mechanismus



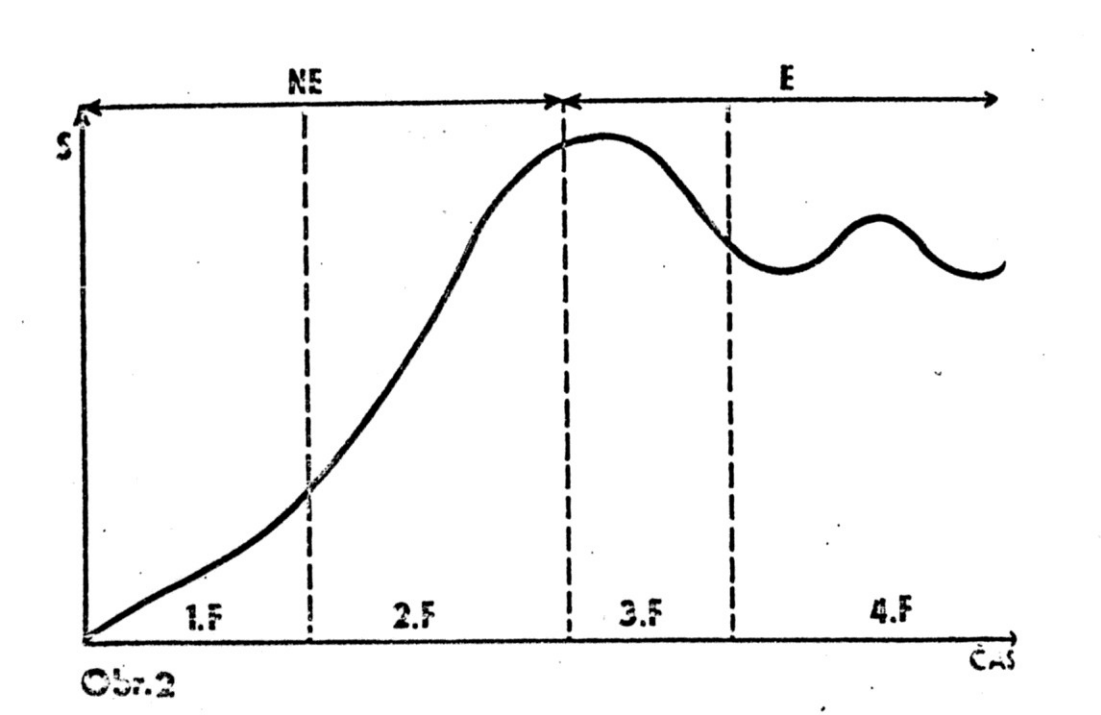
Drift - příčiny

- Změny průtoku – minima a maxima
- Ledové dřenice
- Emergence – líhnutí vč. kuklení, vylézání na souš
- Rozmnožování – vlastní aktivní hledaní sex. partnera a kopulace
- Ovipozice – kladení vajíček
- Vnitro a mezidruhové vztahy (kompetice, predace, …)

Drift – změny průtoku



Obecná sukcesní křivka



Obr.2

Fáze: startovací, exponenciální, vrcholová, stabilizační - oscilační

Strategie přežití organismů tekoucích vod

Nejčastější disturbance – vyschnutí toku

Fáze temporálních toků dle Williams D.D a Hynes H.B.N. (1977):

DRY - FLOW - FLOW+ICE - FLOW - POOLS - DRY

Summer - Fall - Winter - Spring - Early Summer - Summer

Formy přežívání organismů v době sucha:

CYSTY - Tubificidae
VAJÍČKA - Ancylus, vodní hmyz (Ephemeroptera, Diptera - Chironomidae)
LARVY, VYVOJOVÁ STADIA - Amphipoda, Ostracoda, Cyclopoida, Plecoptera, Diptera
KUKLY - Diptera - Tipulidae
DOSPĚLCI - Gastropoda, Hemiptera, Coleoptera, Hirudinea

Životní strategie

	Selection type		
	r	K	A
Properties of the habitat:			
Favourability	Variable	High	Low
Predictability	Low	High	High
Community attributes:			
Diversity	Low	High	Low
Interspecific competition	Occasional, can be intense	Frequent, often diffuse	Rare
Investment in defence mechanisms:	Low	High	Low
Specialization:	Low	High	Low
Population or species attributes:			
Capacity for dormancy	Variable	Low	Variable
Vagility	High	Intermediate	Low
Geographical distribution	Wide	Restricted	Variable
Parthenogenesis	Variable	Low	High
Life span	Short	Intermediate	Long
Maturity	Early	Intermediate	Late
Rate of development	Rapid	Intermediate	Slow
Fecundity	High	Intermediate	Low
Population density	Very variable	More constant, near carrying capacity	Variable, below car. capacity
Rate of increase	High	Intermediate	Low
Density dependence	Weak at low dens.; strong & overcomp. at high density	Moderate, compensating at high density	Weak
Key factors	Adult losses: mortality & migration	Juvenile mortality; variation in fecundity	Mortality at all stages; variation in fecundity & rates of development

Hlavní produkční složka - bentos

- Fytobentos – nárosty, perifyton – primární producenti
- Zoobentos – konzumeti
- Bakteriobentos – destruenti, biologicky aktivní povrchy, biofilmy – jednoduché houby a plísně, bakterie
- Mikro (pod 50 µm, meio (50µm až 1mm)a makrobentos (více jak 1mm)

Pozice meiobentosu v systému

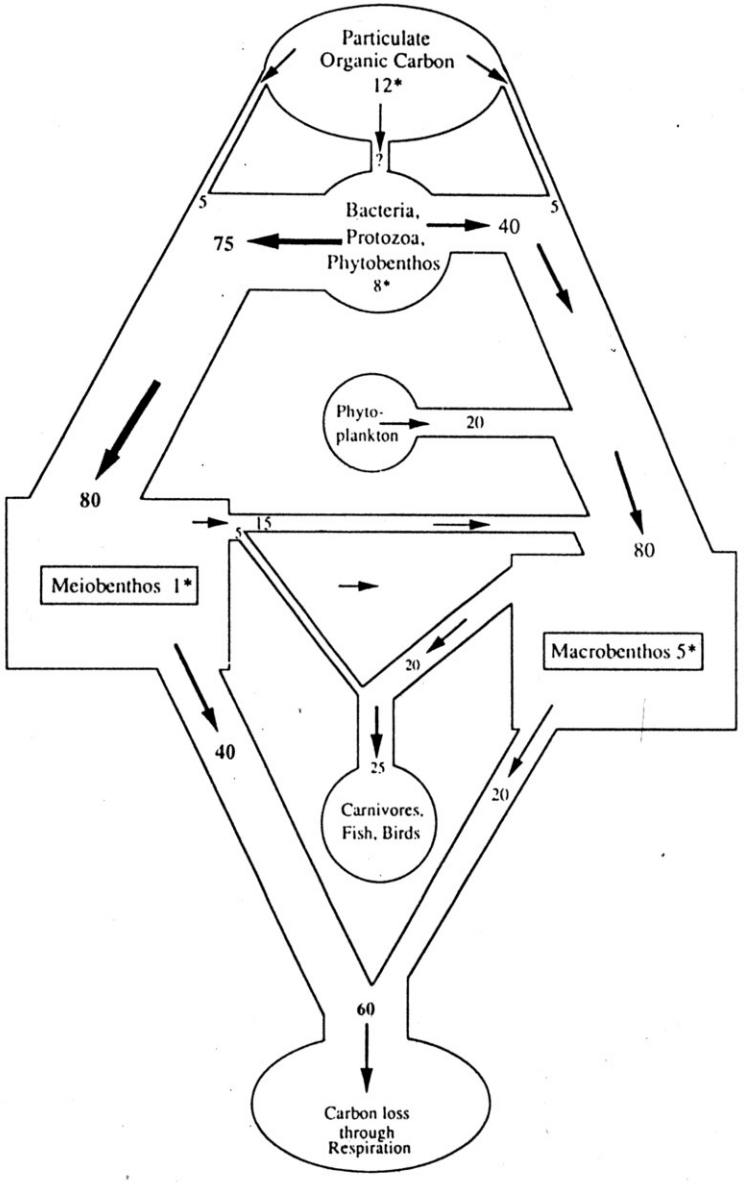
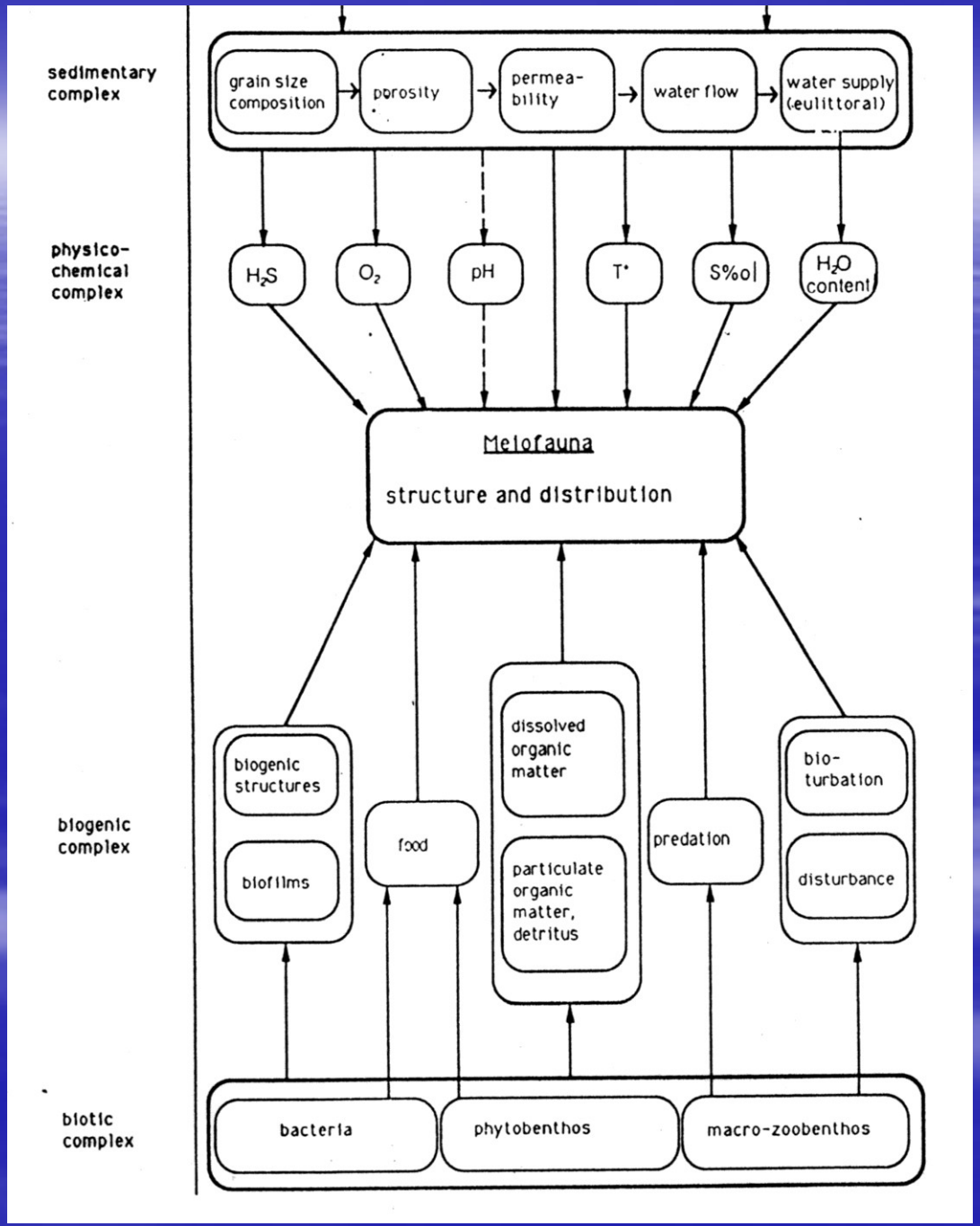
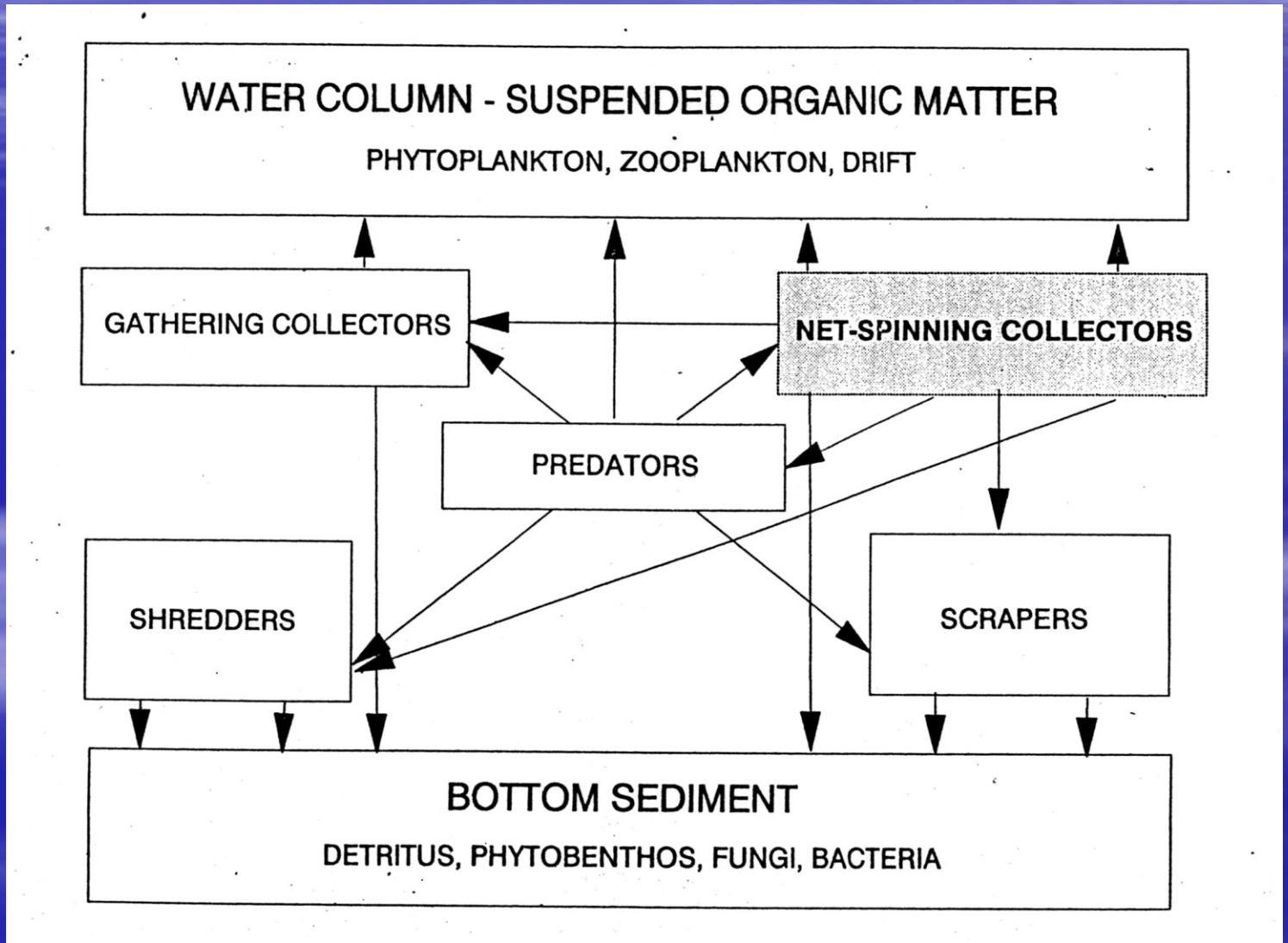


Fig. 102. The role and position of meiobenthos in a compilatory energy flow diagram. (After PLATT 1981): *numbers* reflect relative rates of carbon production ($g\,C\,m^{-2}yr^{-1}$), *numbers with asterisks* represent biomass values ($g\,C\,m^{-2}$)

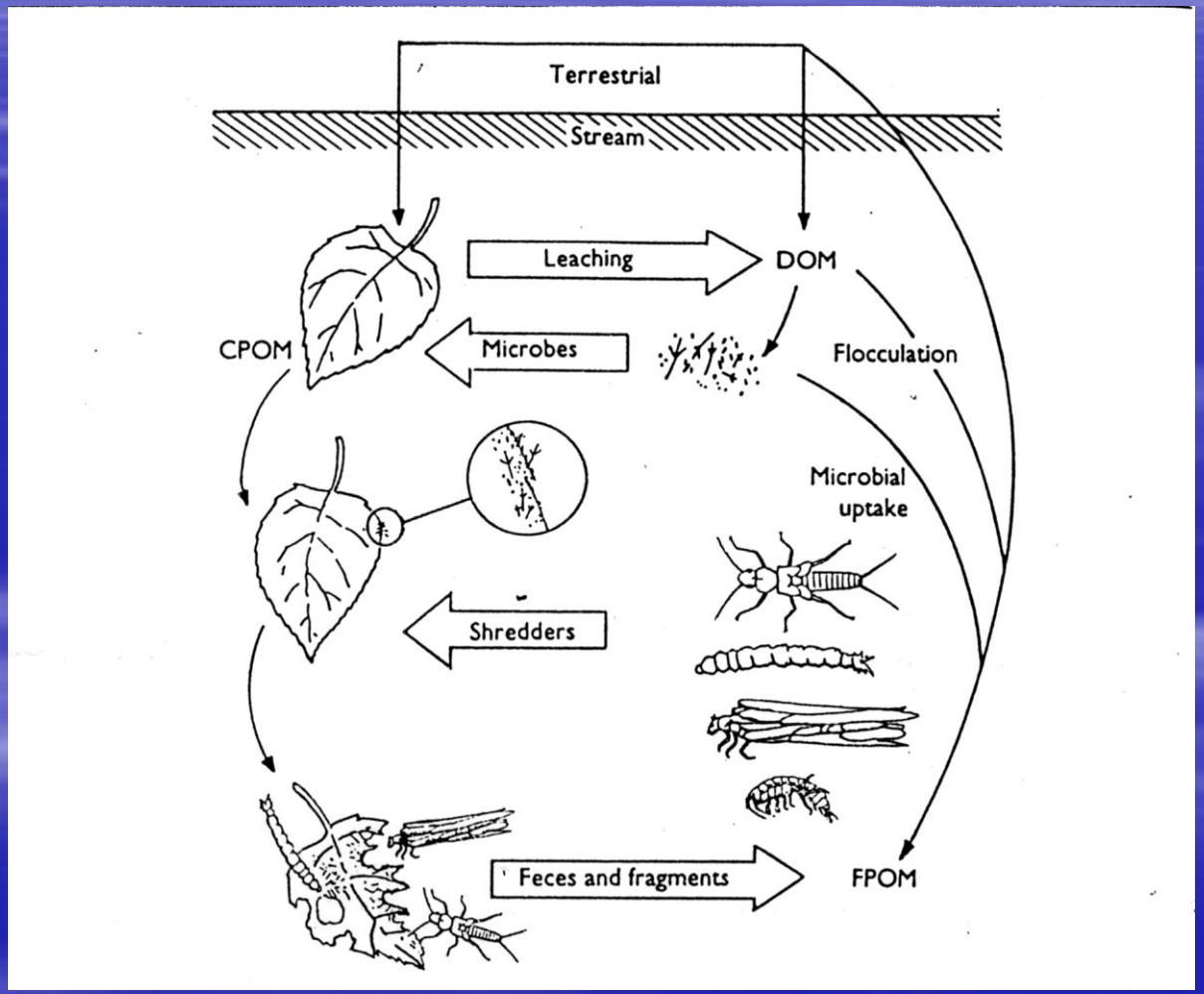
Podmínky pro meiobentos



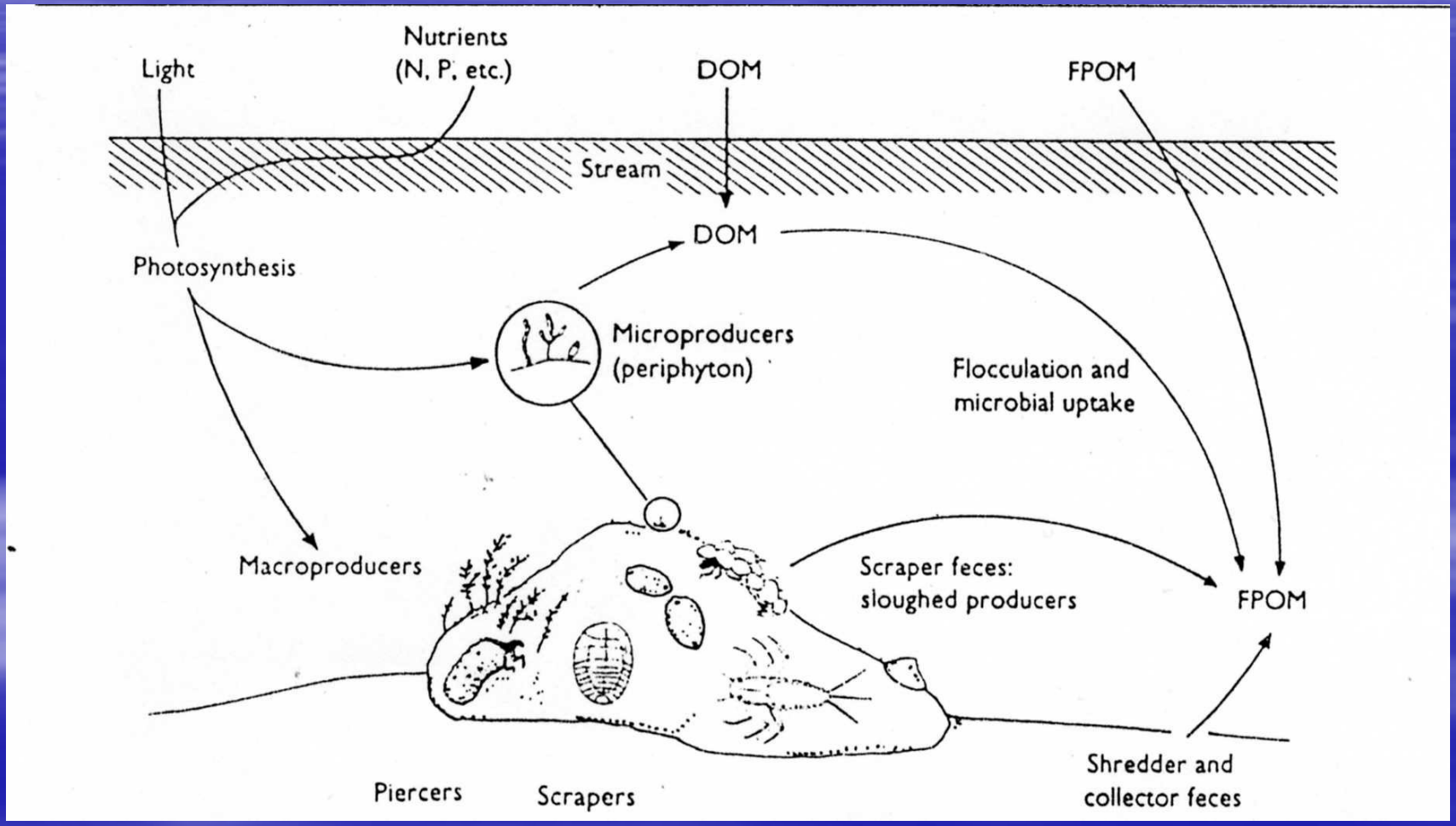
Makrozoobentos – potravní specializace



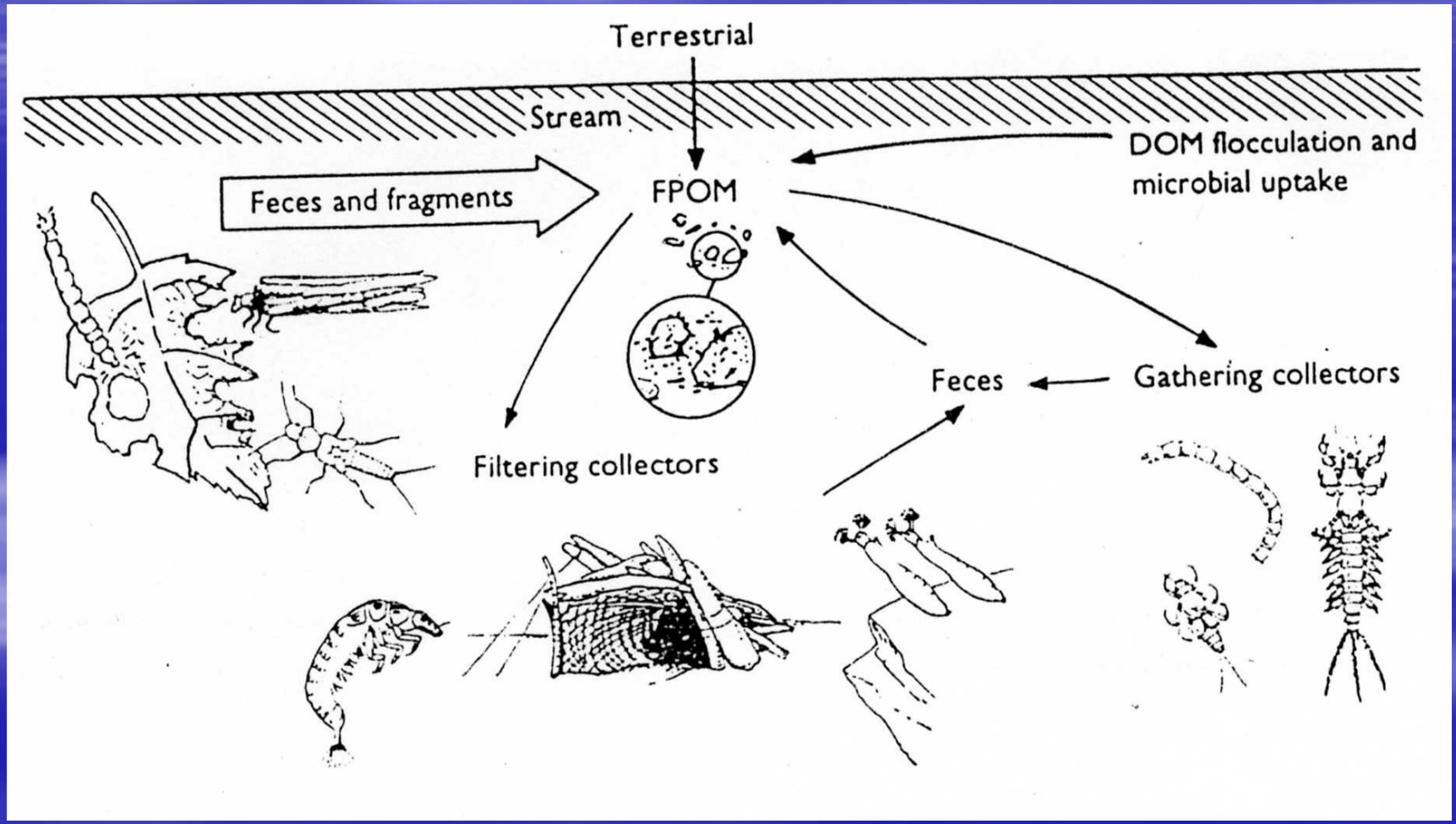
Kouskovači - drtiči



Seškrabávači (spásači)



Sběrači (aktivní – filtrující - sítě stavějící)



Potravní síť tekoucích vod

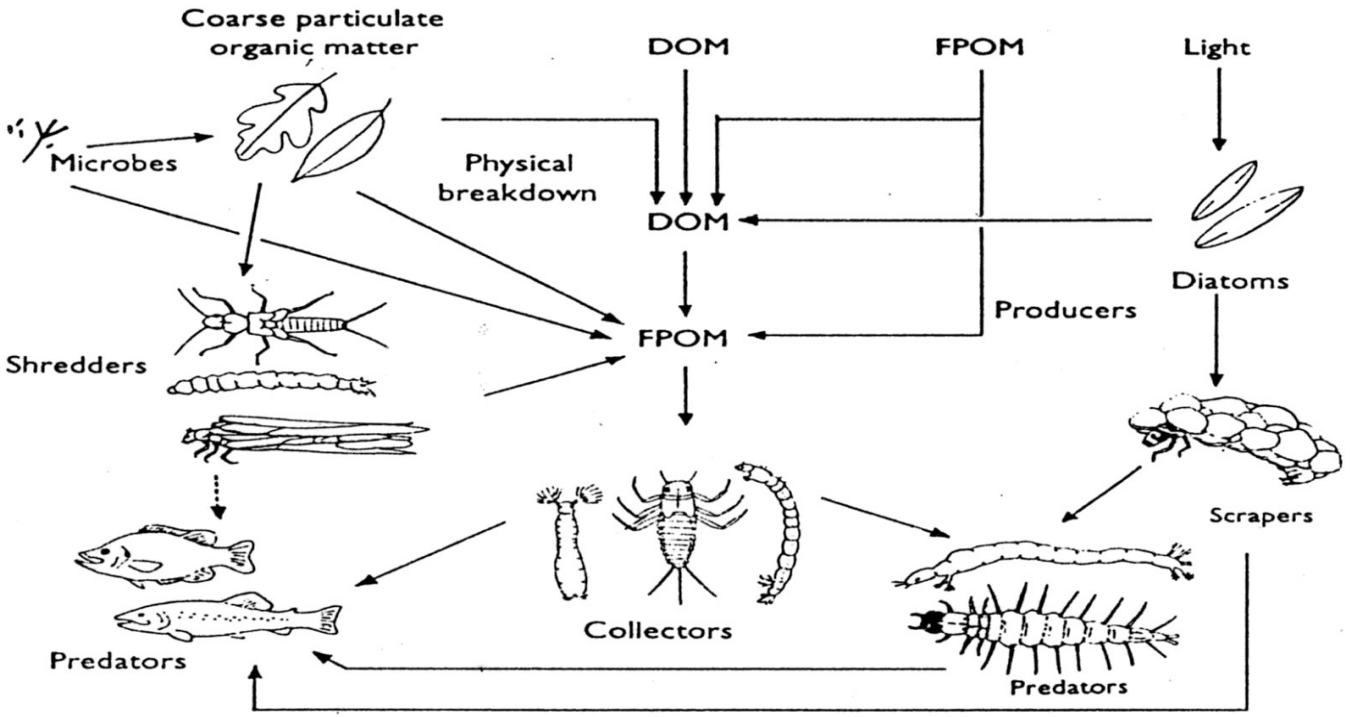
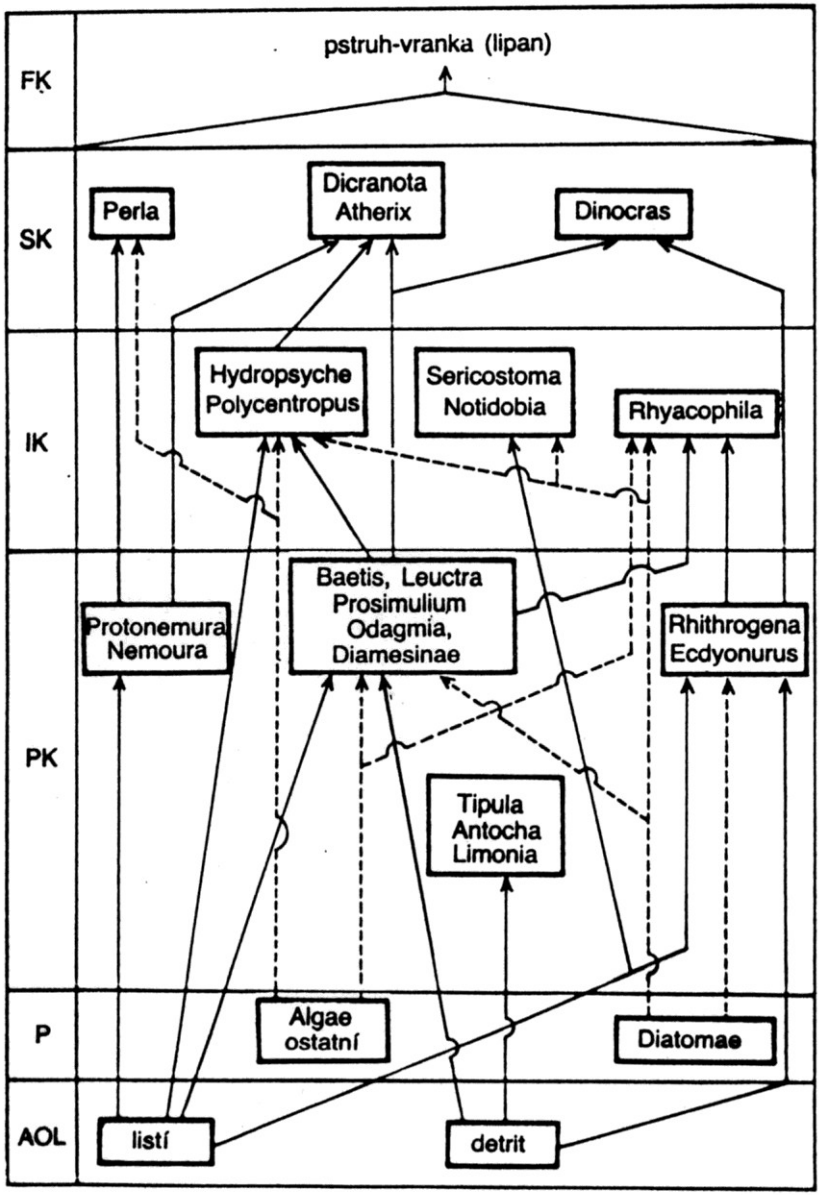


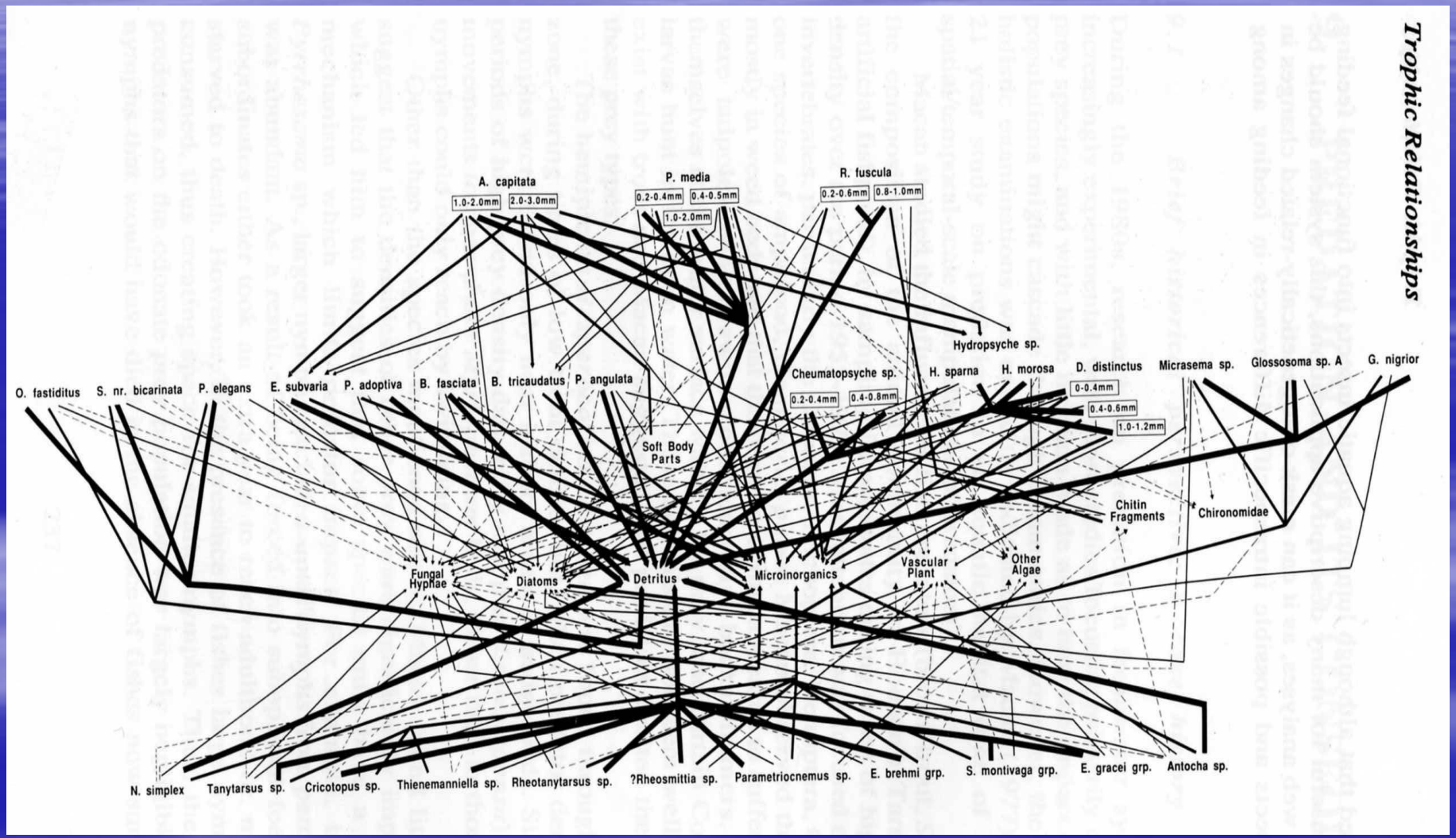
FIGURE 6.14 Lotic food webs. (a) A simplified view of a food web in a woodland stream. Energy inputs include fallen leaves, subsequently colonized by microbes; small autotrophs, primarily diatoms; and DOM and FPOM, originating from external sources and upstream. Feeding categories are based on divisions of Table 6.1: shredders include *Pteronarcys*, *Tipula* and *Pycnopsyche*; *Stenonema* is a deposit feeder, *Simulium* is a filter feeder and *Glossosoma* is a grazer. Examples of predators include *Nigronia* (Megaloptera) and two fish (*Cottus* and *Salmo*). (Modified from Cummins, 1973.) (b) Food web for a species-poor small stream in southern England. Primary consumers include: (e) *Psidium* sp., (f) Simuliidae, (g) *Niphargus aquilex*, (h) microcrustacea, (i) other microinvertebrates, (j) *Heterotrissocladius marcidus*, (k) *Micropsectra bidentata*, (l) *Prodiamesa olivacea*, (m) Oligochaeta, (n) *Leuctra nigra*, (o) *Nemurella picteti*, (p) *Brilla modesta*, (q) *Polypedilum albicornis*, (r) Tipulidae, (s) *Potamophylax cingulatus*. Predators include: (t) *Macropelopia goetghebueri*; (u) *Trissopelopia longimana*, (v) *Zavrelimyia barbatipes*, (w) *Plectrocinemia conspersa*, (x) *Sialis fulginosa*. Note that the predator *Sialis* can be four energy transfers removed from the base of the food web. (Modified from Hildrew *et al.*, 1987.)

Reálný příklad – pstruhový potok

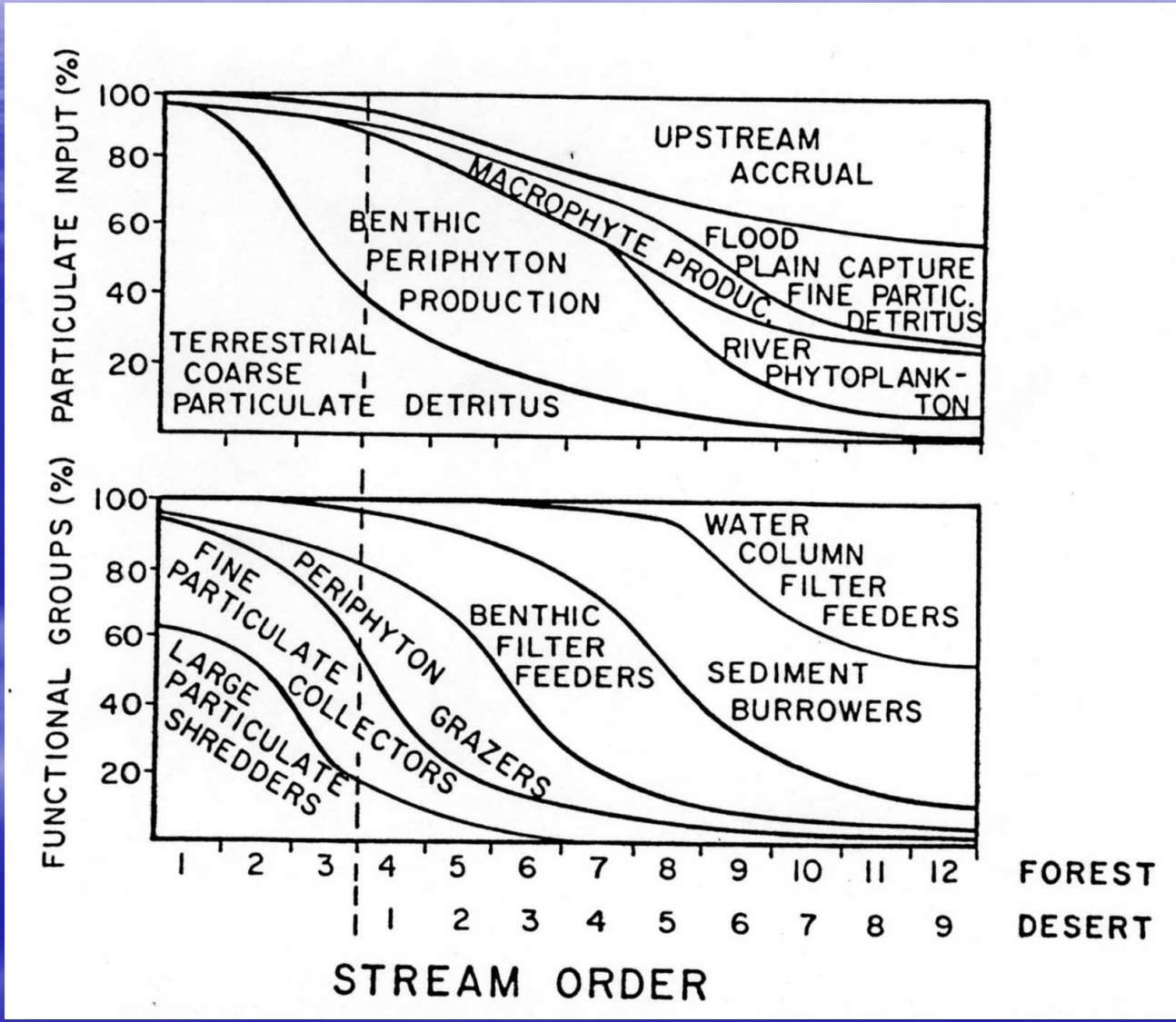


41. Schéma potravní sítě na příkladu beskydského pstruhového potoka: *AOL* allochtonní a autochtonní organické látky, *P* producenti, *PK* primární konzumenti, *IK* intermediární konzumenti, *SK* sekundární konzumenti, *FK* vodní finální konzumenti (Kubíček, 1979)

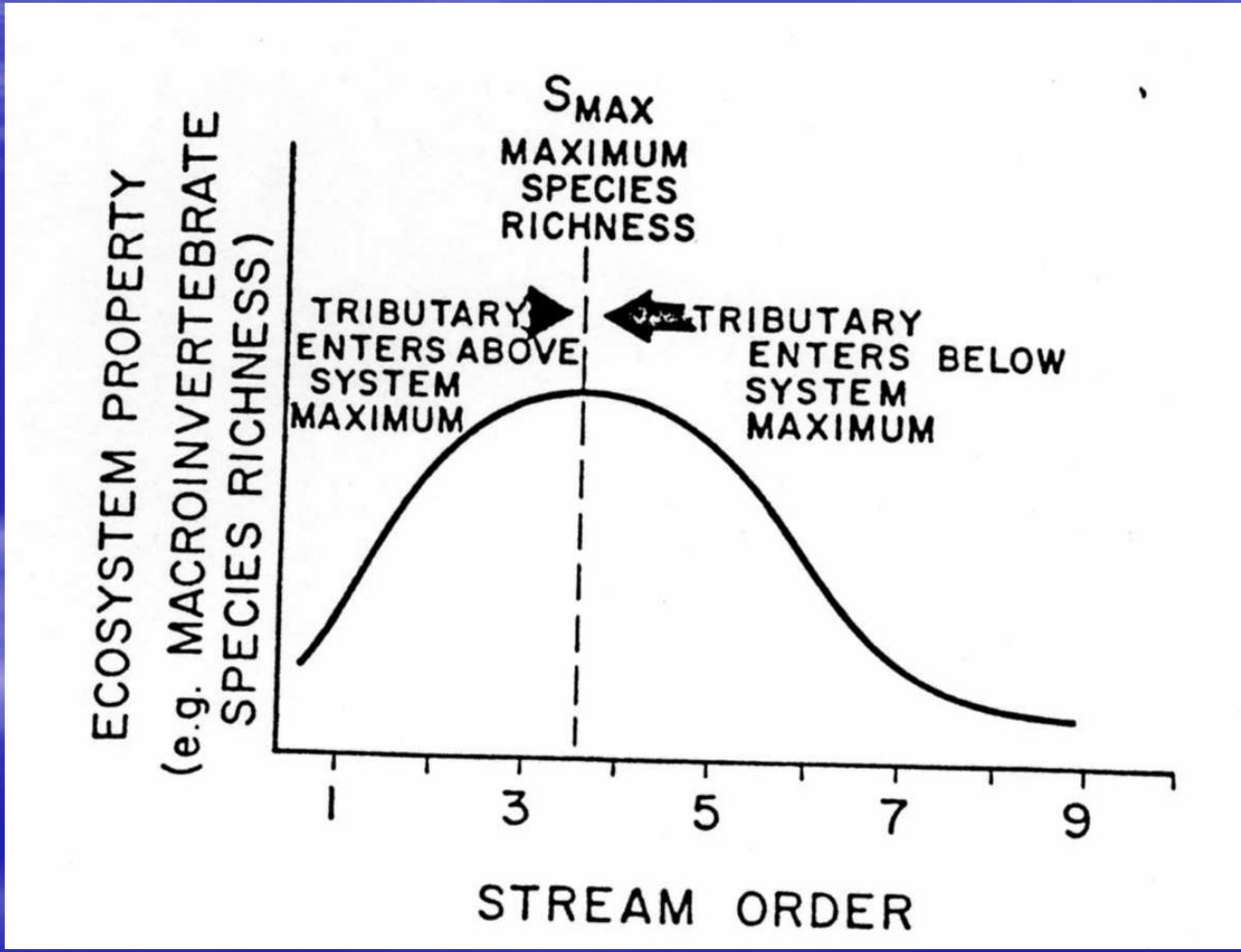
Potravní síť – Duffin Creek



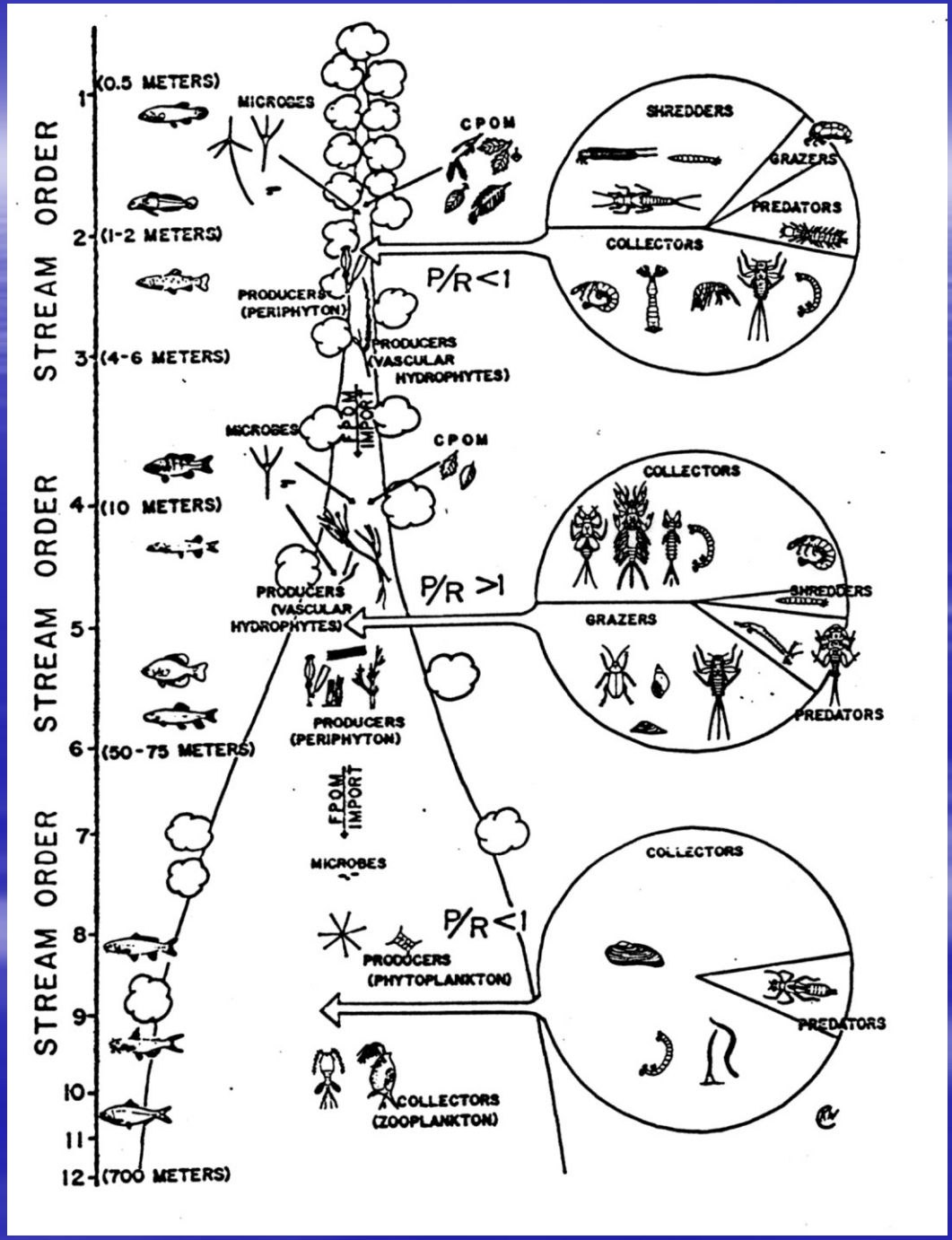
Podélný profil



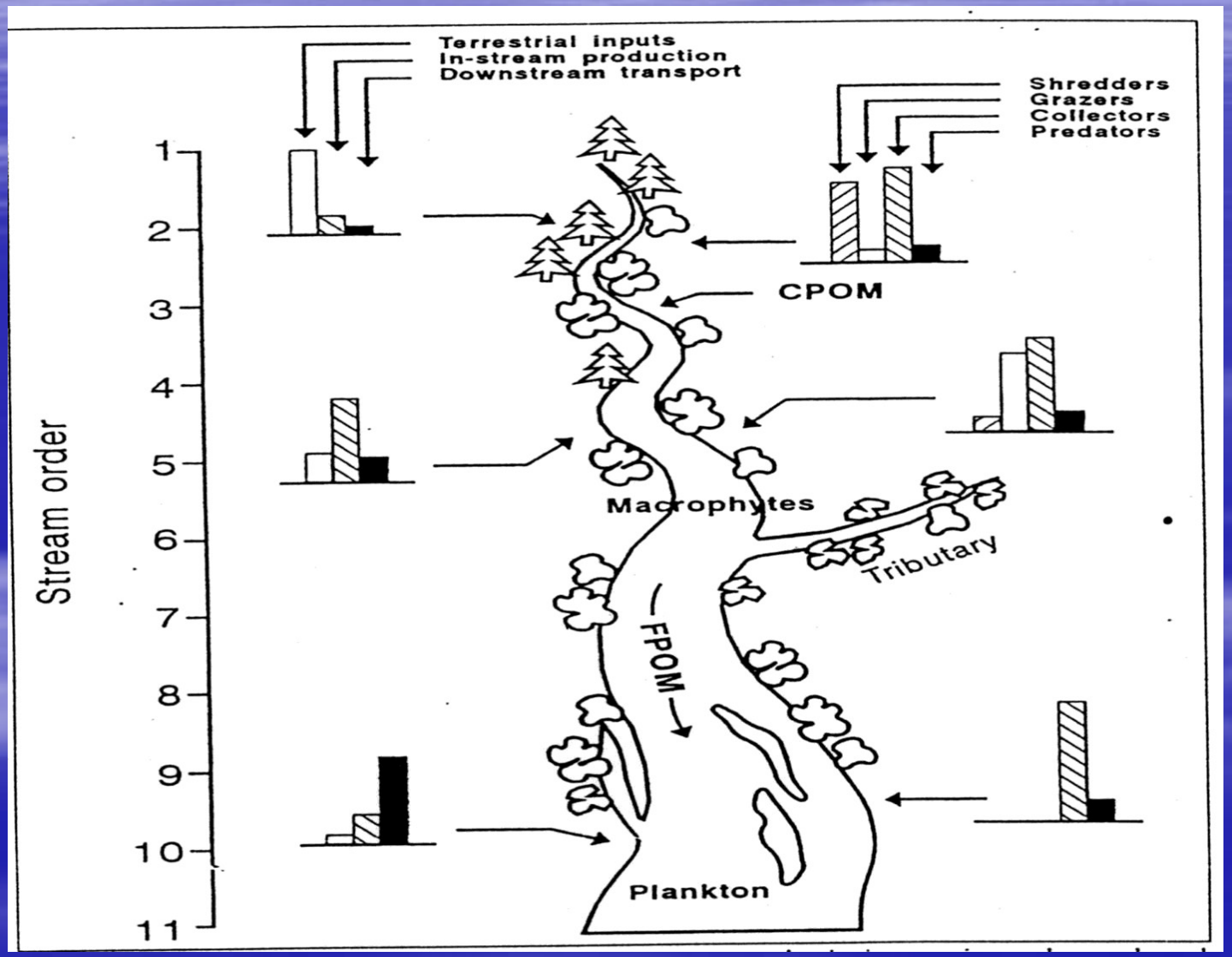
Podélný profil – vývoj druhové bohatosti, diverzity



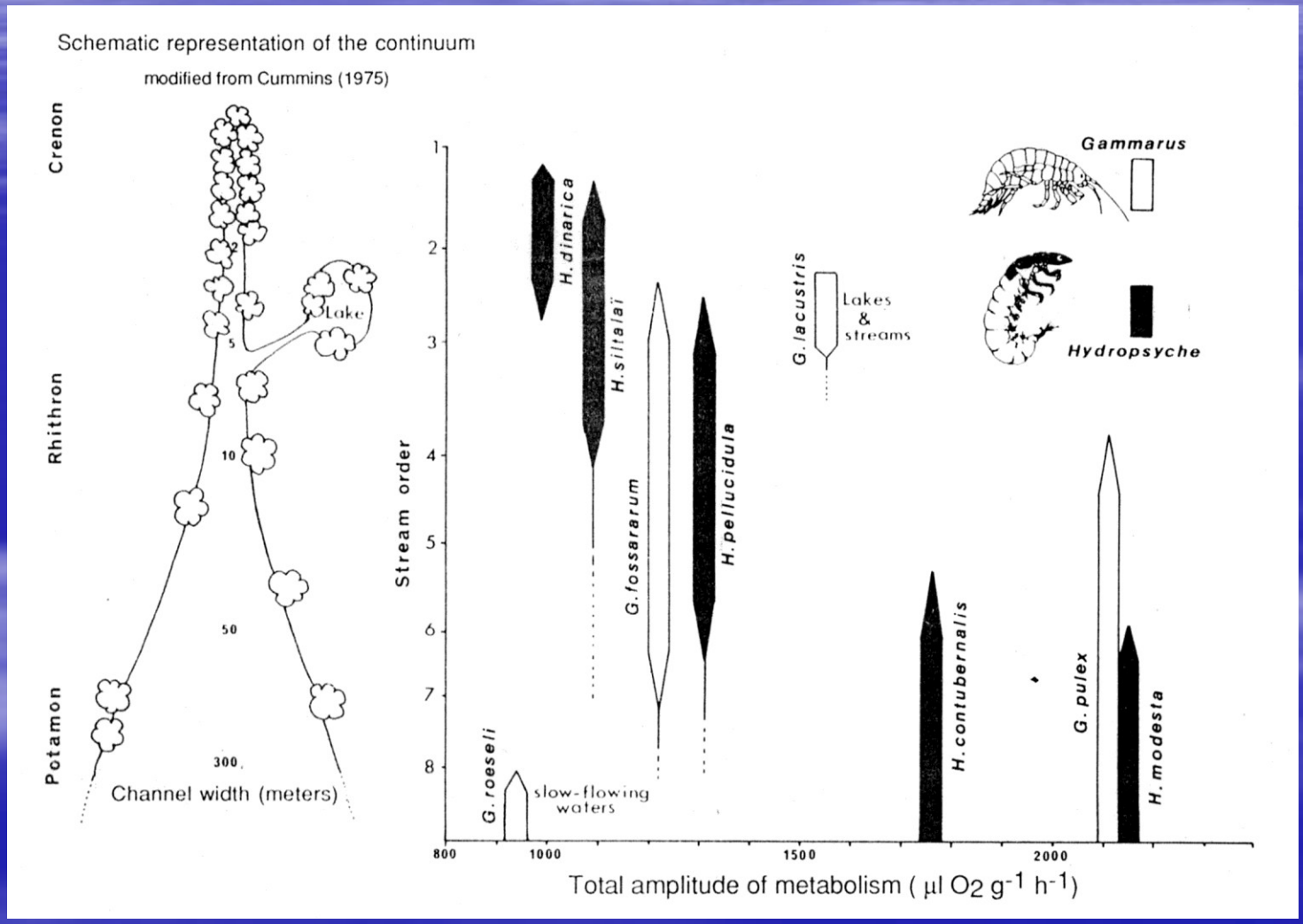
Koncepce říční návaznosti



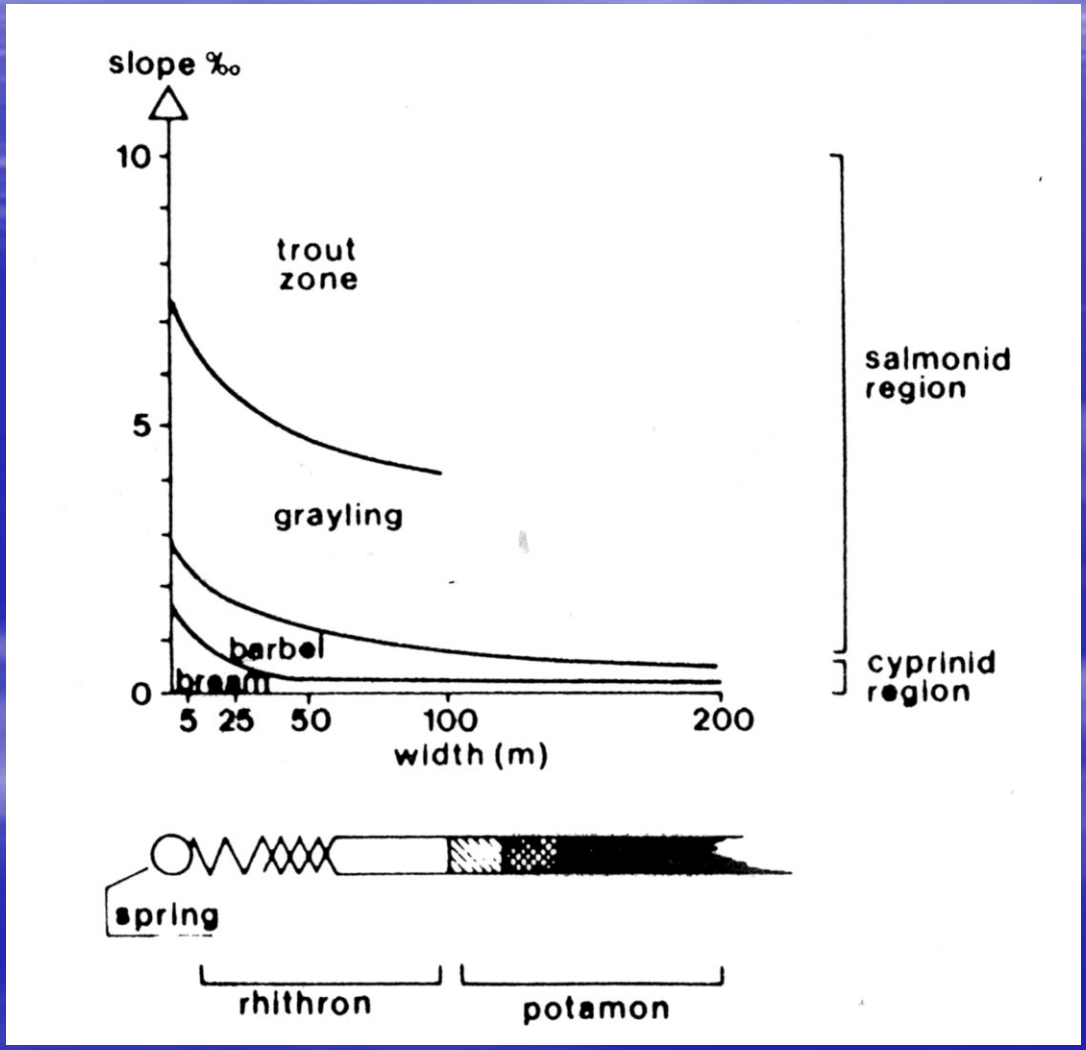
RCC – vstupy org. hmoty



RCC – distribuce organismů



Rybí pásma a Illiesova klasifikace



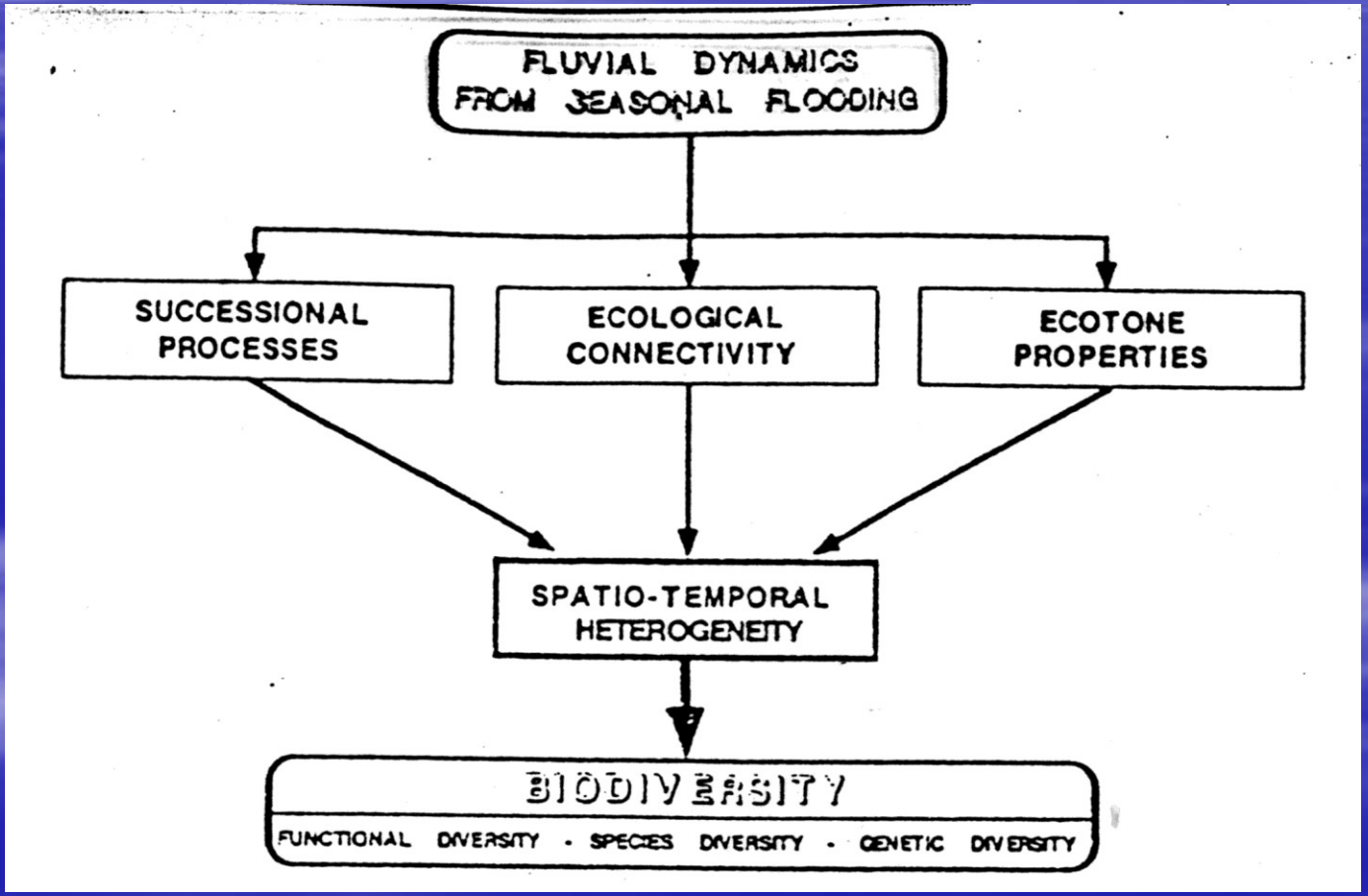
Rybí pásma a Illiesova klasifikace

ILLIES a BOTOSANEANU 1963		FRIČ 1872 (doplněno)	Zóny jepic (ZELINKA 1953)	Fyziografické členění	Průměrný spád v promile	Maximální teploty vody ve °C
KRENON	Eukrenon	Pramen	-	Pramen	-	-
	Hypokrenon	Pramenná stružka	Ameletová	Stružka	nad 3 (ale i méně)	do 14
RHITHRON	Epirhithron	Pstruhový potok	Rhithrogenová	Bystřina	nad 3 (blíže k prameni i méně)	do 16
	Metarhithron	Pstruhová říčka	Ecdyonurová	Potok	do 3	do 18 (20)
	Hyporhitron	Lipanové pásmo	Ecdyonurová	Říčka	1,5 - 3,0	do 20 (22)
POTAMON	Epipotamon	Parmové pásmo	Oligoneuriello-vá	Řeka	0,8 - 1,5	do 25 (27)
	Metapotamon	Cejnové pásmo	Ephoronová	Veletok	do 0,8	až 28
	Hypopotamon	Pásmo vody brakické	-	-	-	-

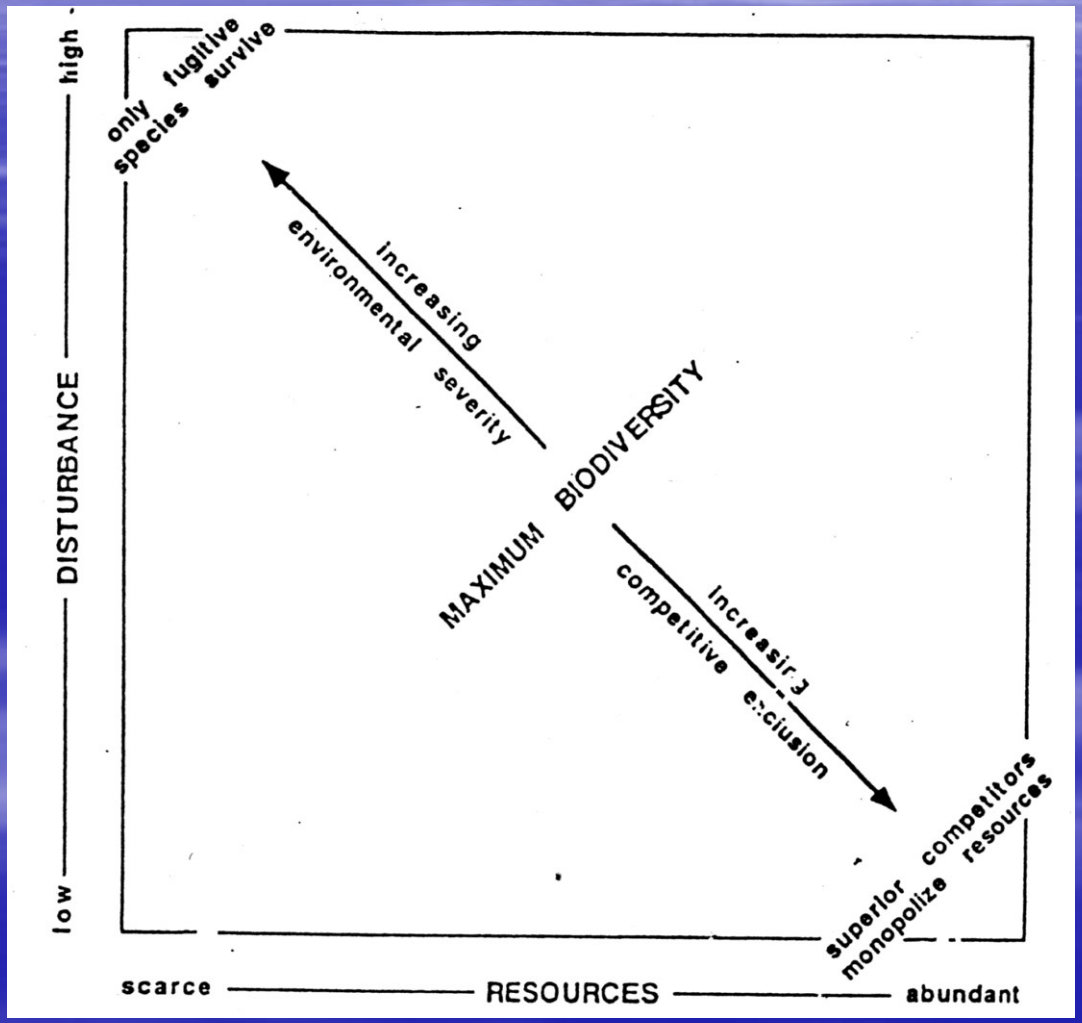
Habitat - klasifikace

- Pelal
  - kal, bahno, jíl, částice menší než 0,063mm
- Argilal
  - jemnozrnné sedimenty (písek, detrit), částice menší než 0,063mm
- Psammal
  - Písčité sedimenty, částice 0,063 – 2mm)
- Akal
  - Jemný štěrk a detrit, 2 – 20mm
- Lithal
  - Kameny a balvany, větší 20 mm
- Phytal
  - Řasy a vyšší rostliny

Biodiverzita tekoucích vod



Biodiversita



Ekosystém stojatých vod

Lenitický ekosystém

Fyziogeografické dělení

- Vodní tělesa – recipienty
  - přirozená
    - Jezera
      - Ledovcová, tektonická, pobřežní, poříční, vulkanická a krasová
    - Tůně
      - Poříční, nebeské, permanentní a temporální
  - umělá
    - Rybníky
    - Přehradní nádrže
    - Umělé tůně – lomy, pískovny
    - Nádrže

Unikátní jezerní ekosystémy

Abiotické faktory:

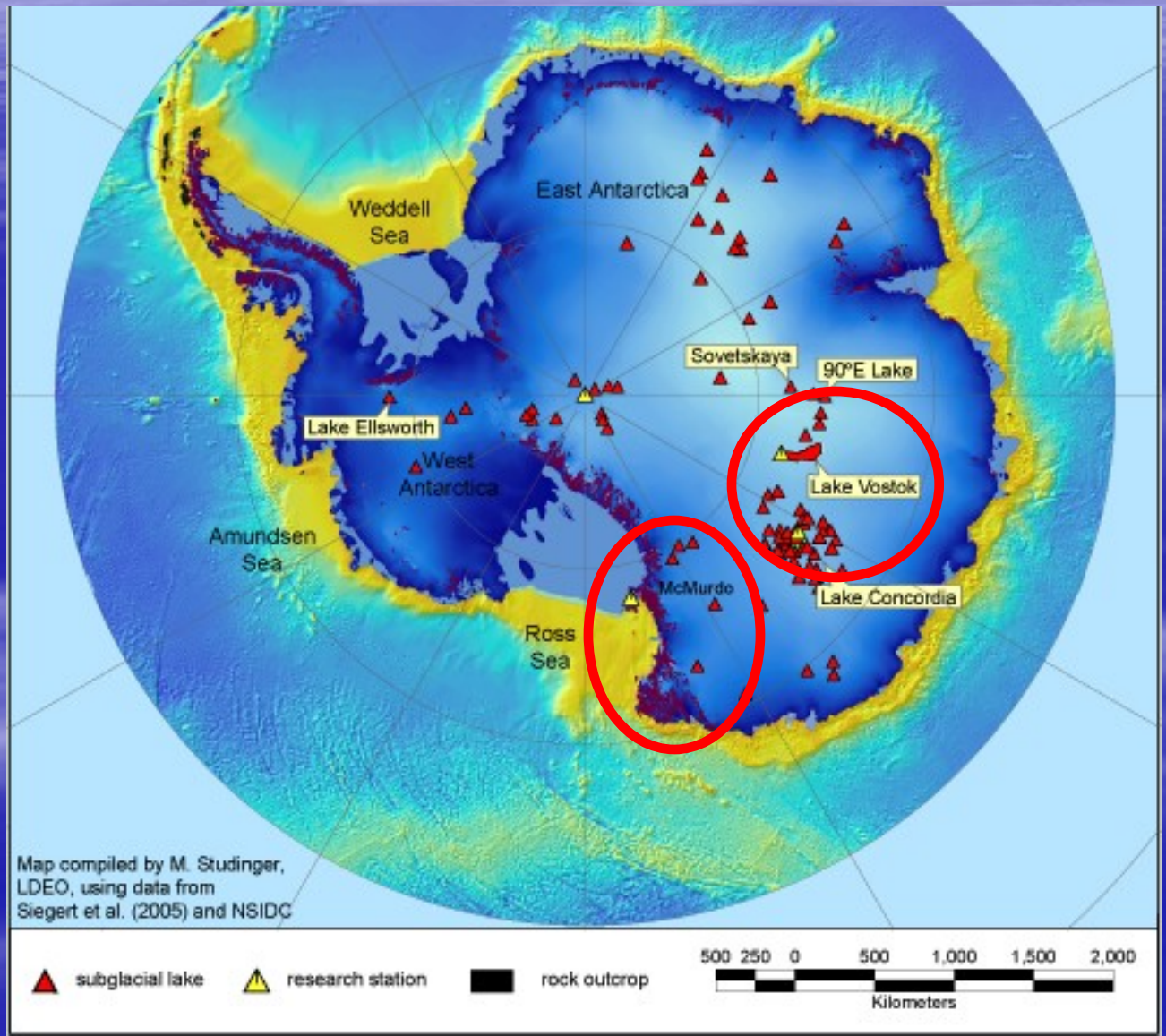
- **Antarktická jezera** – specifika stratifikace
- **Ekologické dědictví** (**legacy**)
- **Antarktická jezera** jako astrobiologický model?

Biotické interakce:

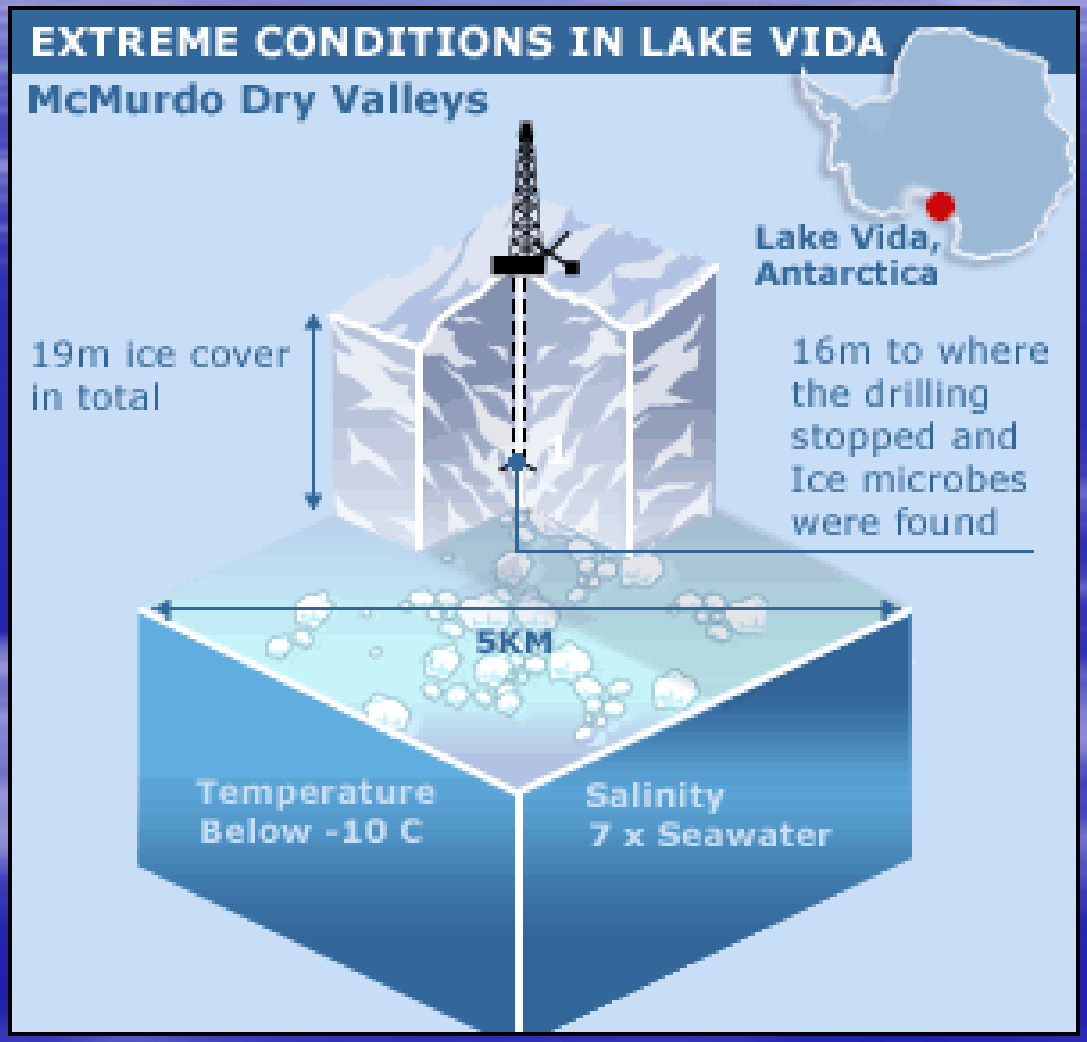
- **Stará jezera** (**ancient lakes**)
- **Velká jezera** (**Great Lakes**)
- **Endemické druhy** vs. **exotické / invazní druhy**
- **Důsledky = změny ve struktuře potravních sítí**

Antarktická jezera – ekosystémy

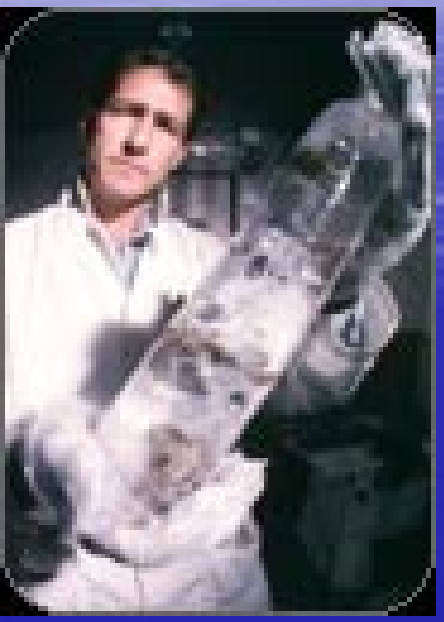
řízené abiotickými faktory



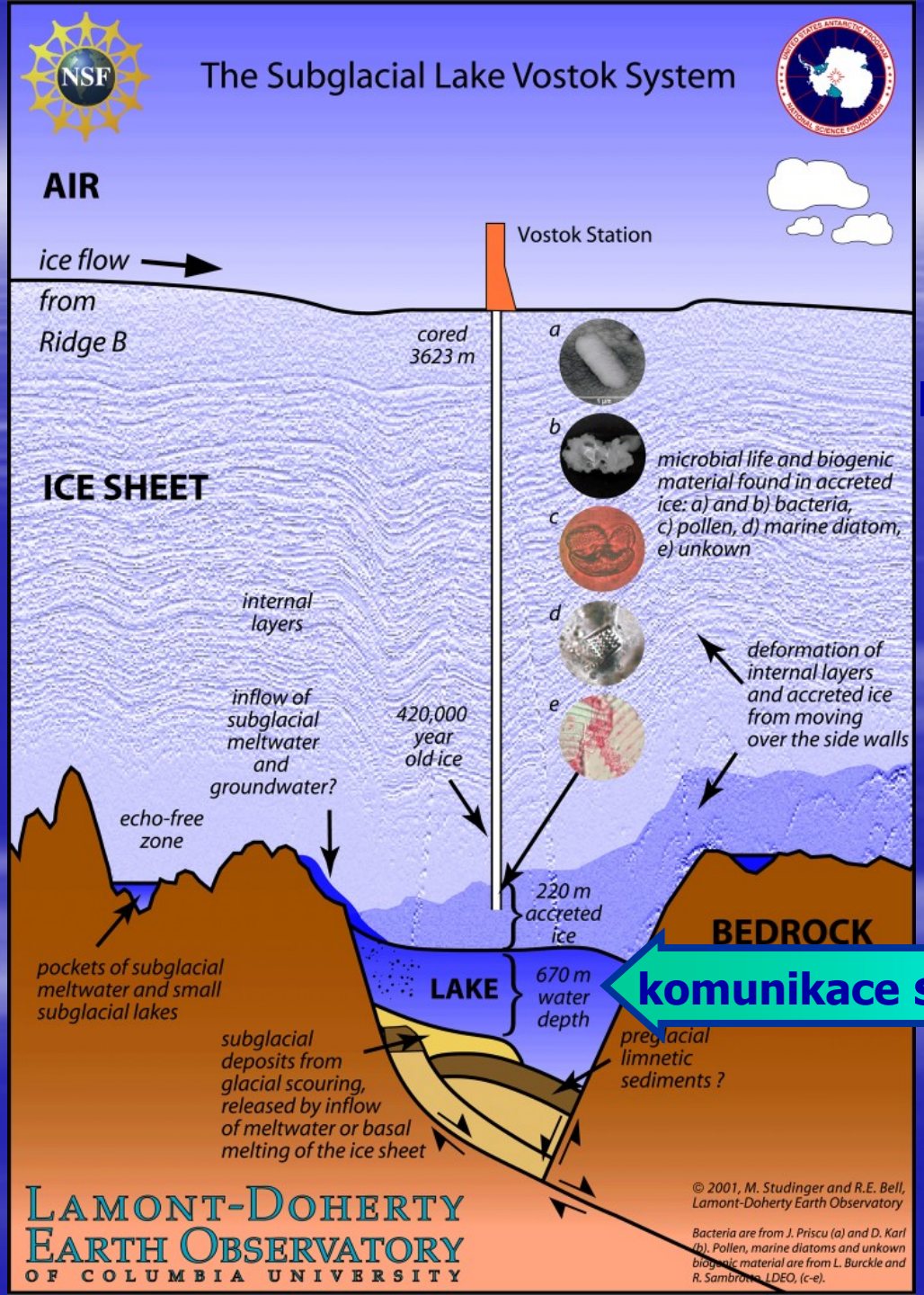
Antarktická jezera jako astrobiologický model?
Vida



živé mikroorganismy staré ~2800 let!



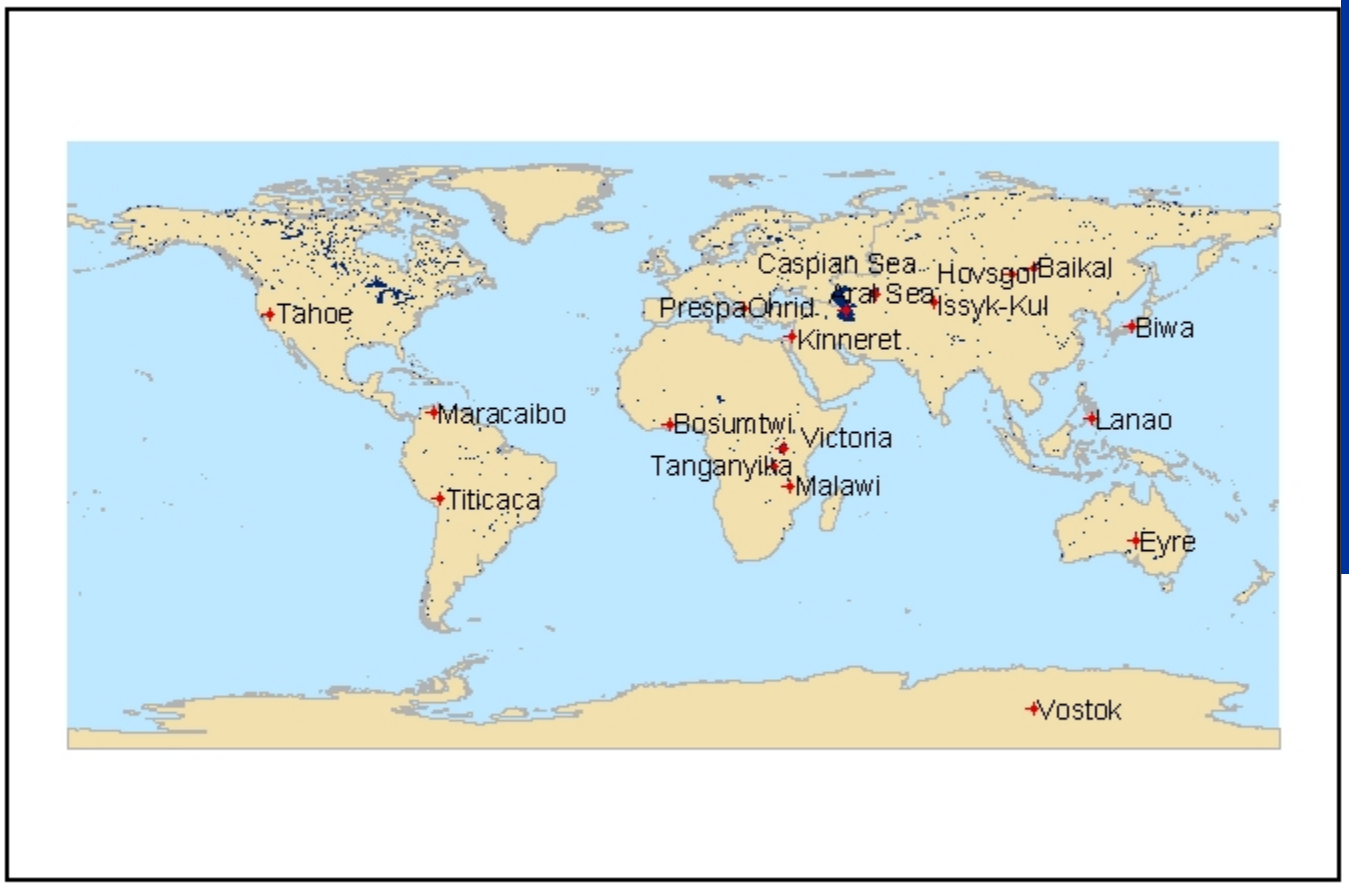
John Priscu
s částí ledového jádra vrtu



Astrobiologický model života na Marsu, Evropě aj.?

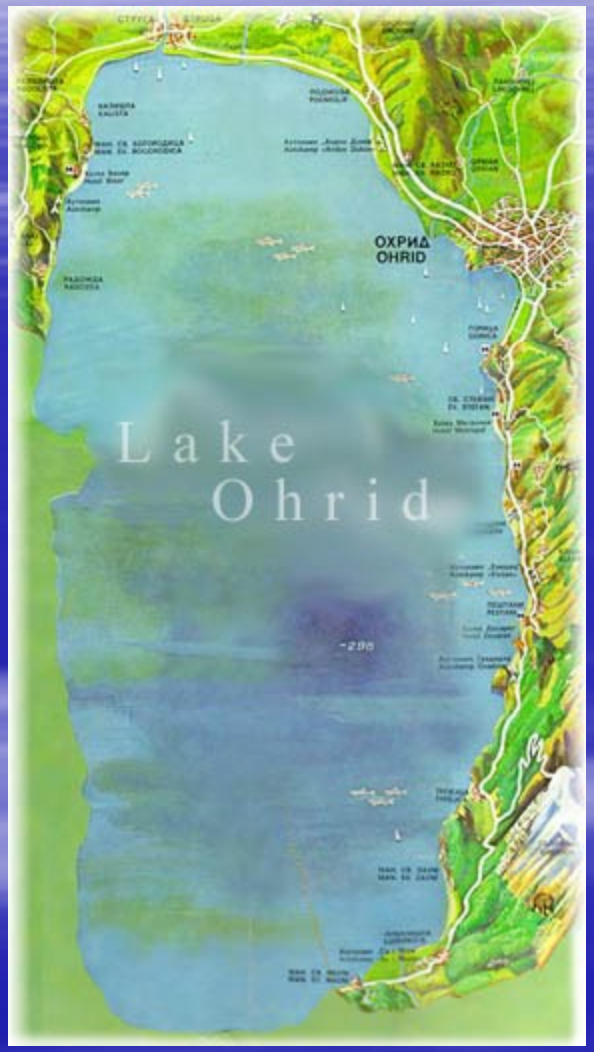
komunikace s jinými jezery?

Stará jezera = 15–19 ancient lakes



	mil. let
Eyre	4–5
Maracaibo	> 3
Issyk-Kul	
Bajkal	
Tanganika	
Kaspické	
Aralské	
Ochridské	
Prespanské	
Viktoriino	
Titicaca	
Malawi (Njasa)	
Lanao	
Biwa	
Tahoe	

Ochridské jezero (358 km^2, 53,6 km^3, 289 m)

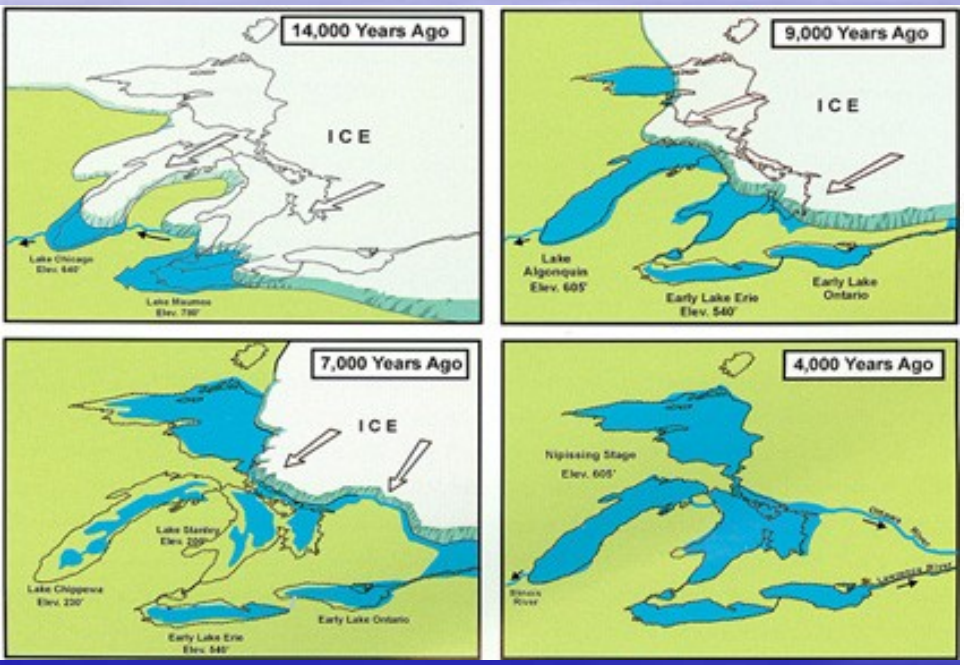


17 druhů ryb
(10 endemických)

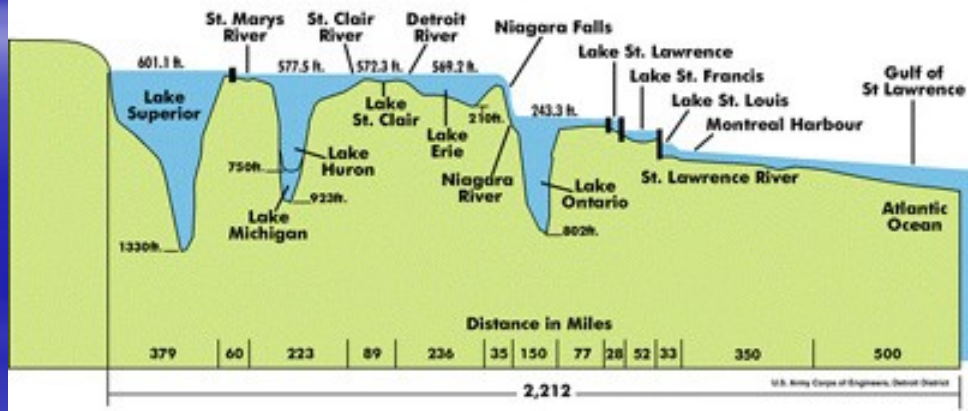
oligotrofní

krasové povodí: 3921 km^2

The Great Lakes – ledovcová, oligotrofní



Great Lakes System Profile



Doba zdržení vody:

Superior: 191 r.

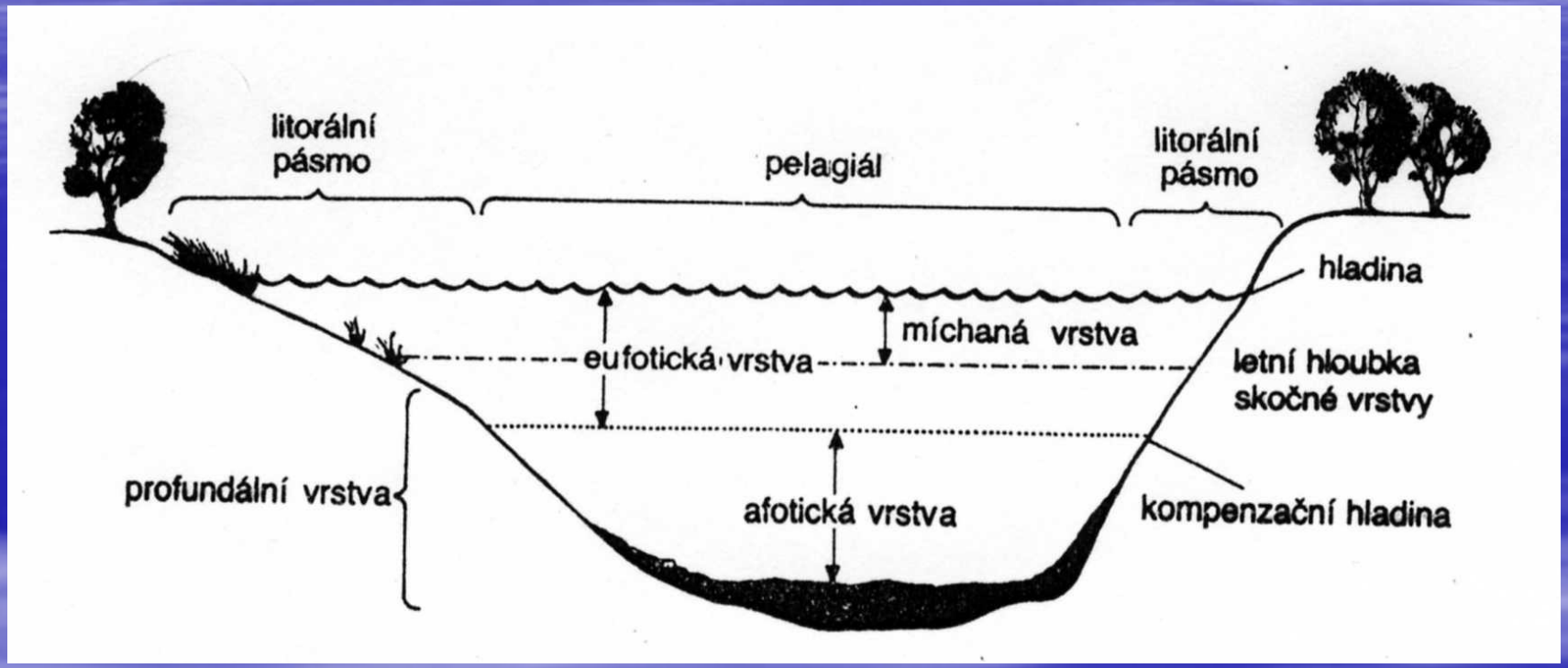
Michigan: 99 r.

Huron: 22 r.

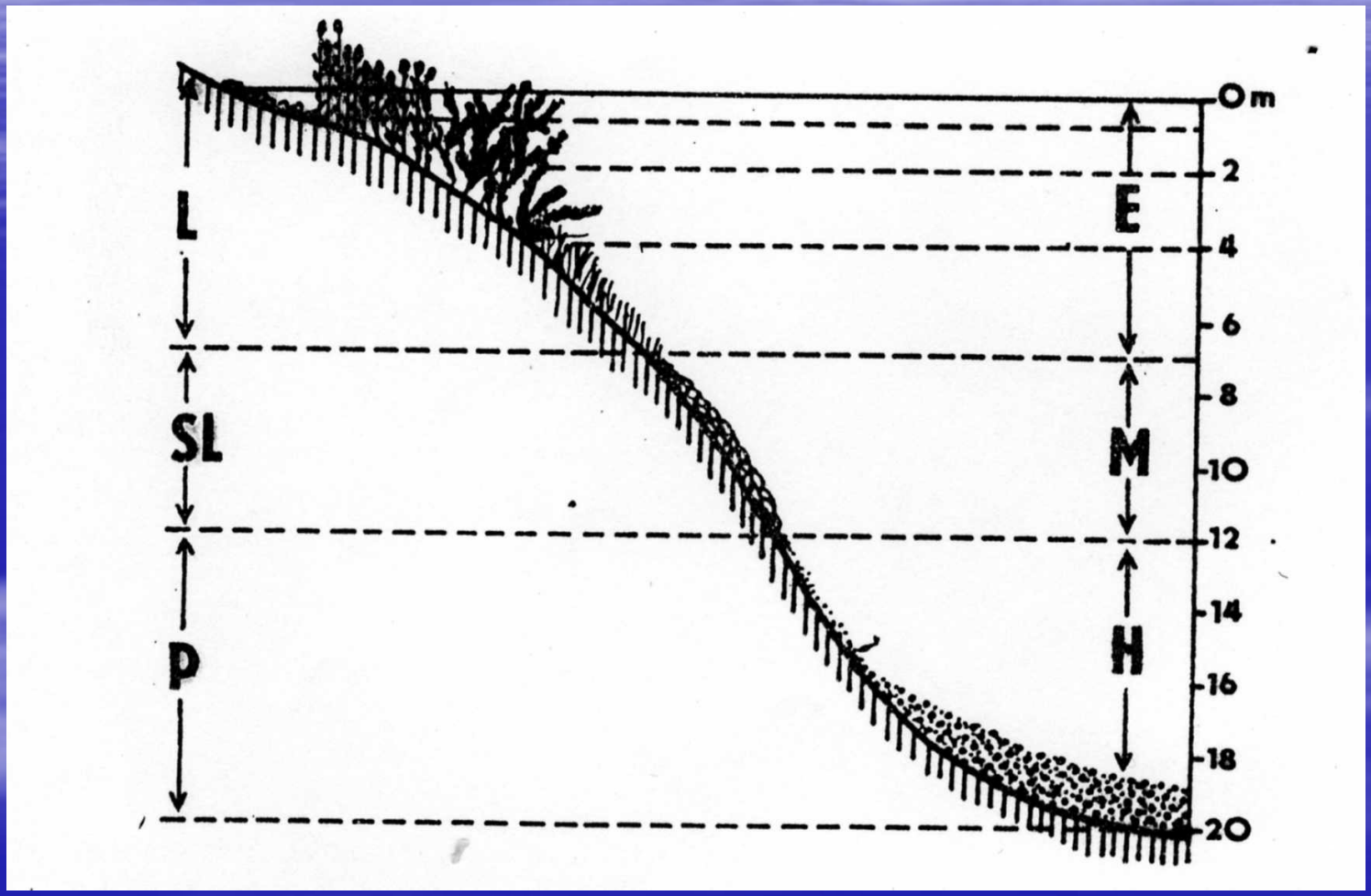
Ontario: 6 r.

Erie: 2,6 r.

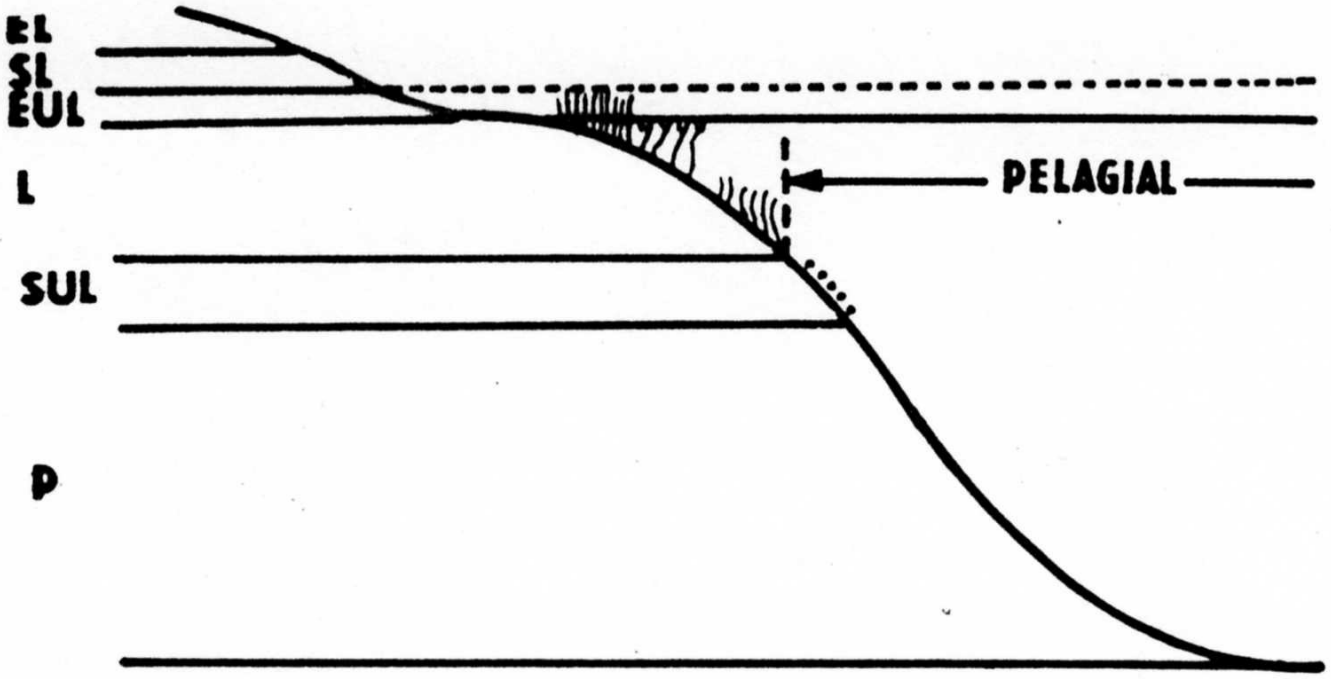
Základní členění habitatů



Základní členění habitatů

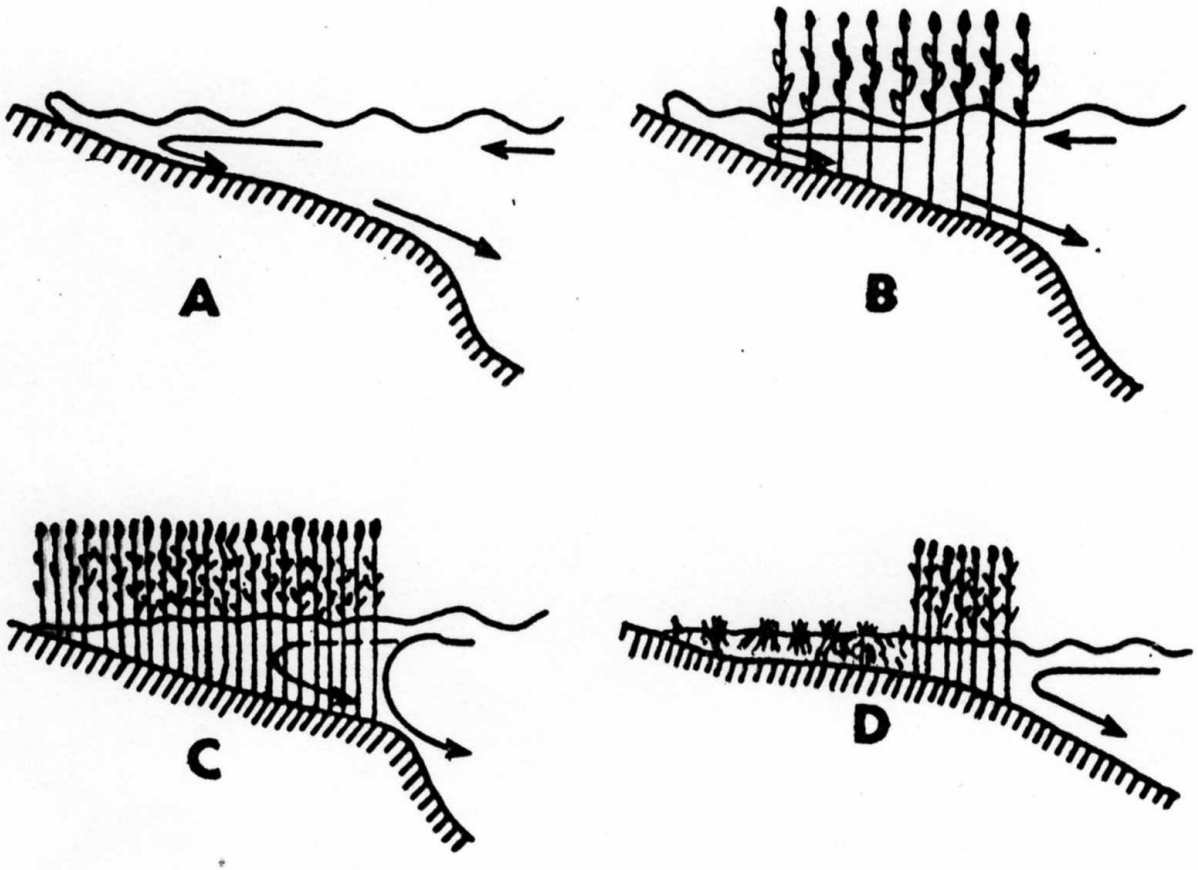


Podrobné členění litorálu



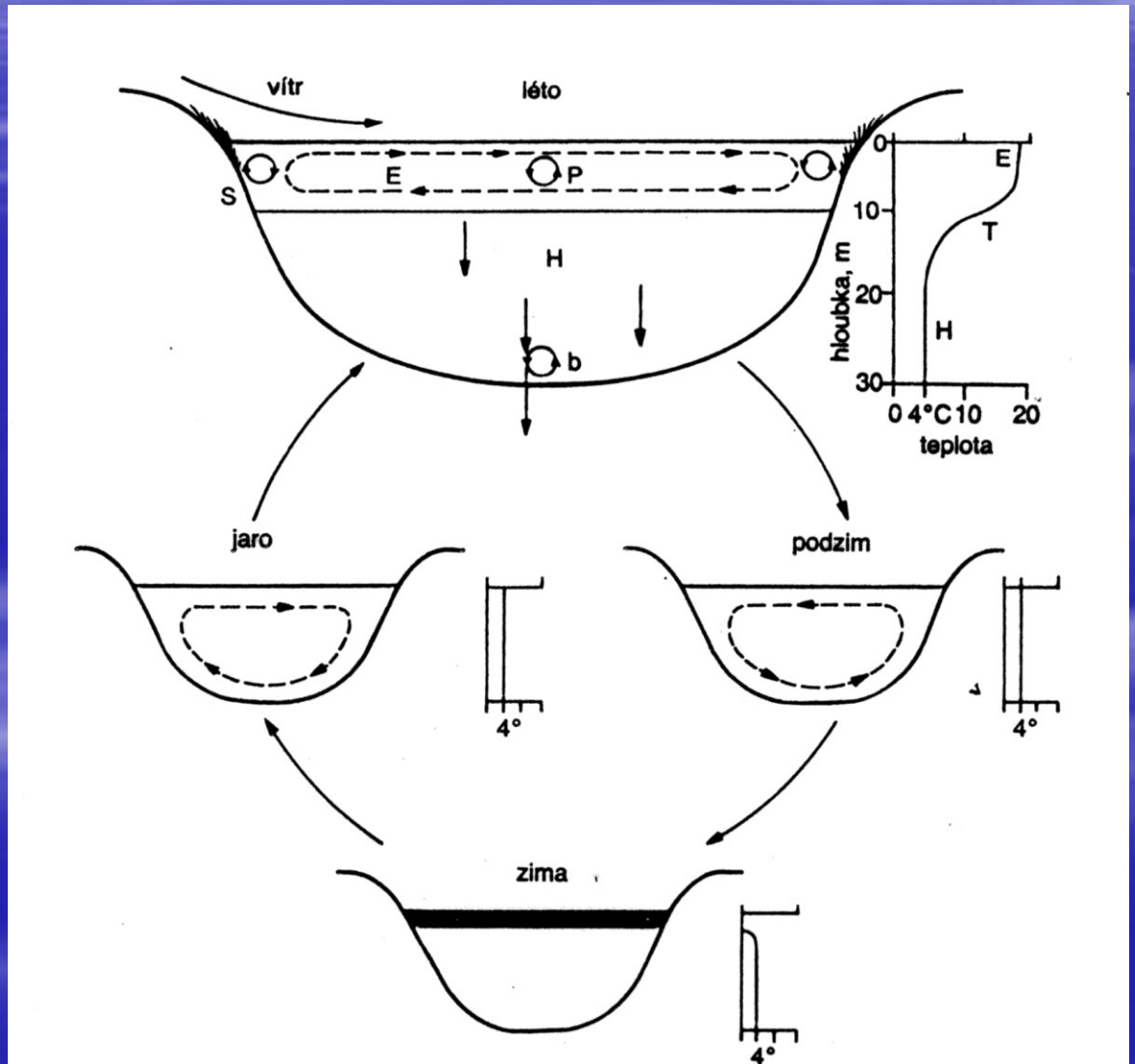
Obr.32.
Podrobnější členění litorálu na příkladu jezera. EL = epilitorál, SL = supralitorál, EUL = eulitorál, L = vlastní litorál s vegetací, SUL = sublitorál, P = profundál. (Ex WETZEL R.G.)

Typy litorálu



Obr.31.
Schémata litorálů a jejich odolnosti proti pohybům vody (vyznačeno šipkami). A = otevřený litorál, B = přístupný litorál, C = chráněný litorál, D = oddělený litorál. (Ex DOBROWOLSKI)

Vertikální proudění, míchání (mikce) nádrže, stratifikace



Mikce – stratifikace a míchání

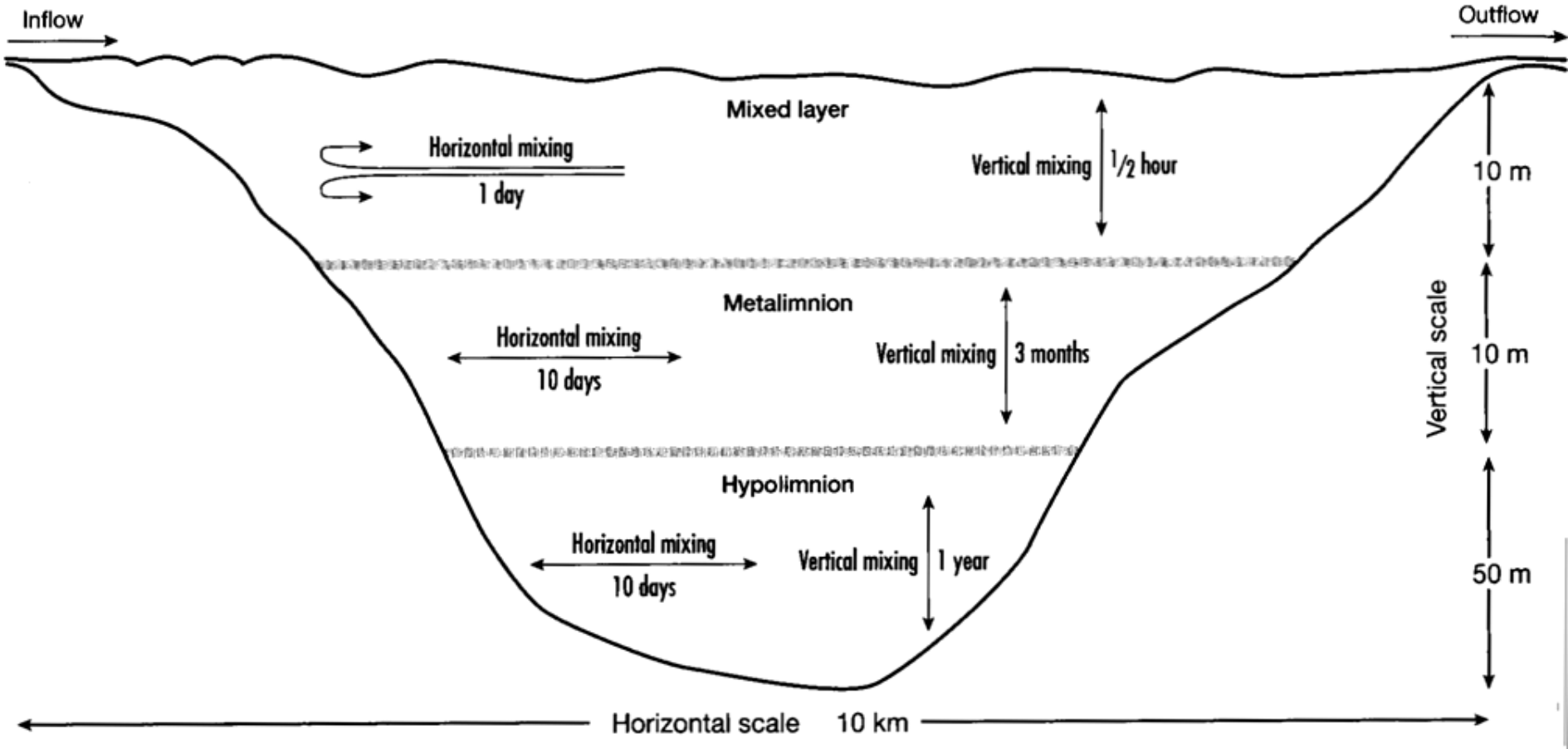
- Holomiktická nádrž – promíchává se celá
  - Malé nádrže – rybníky, tůně, jezera
- Meromiktická nádrž – promíchává se jen svrchní vrstva – profundal je stabilní
  - Hluboká tektonická jezera
  - Slaná jezera
- Monomiktická jezera – 1x za rok – arktická j.
- Dimiktická jezera – 2x za rok – mírné pásmo
- Polymyktická jezera – více x za rok, tropické j., mělká j. atd.

Stabilita stratifikace / pohyby vody

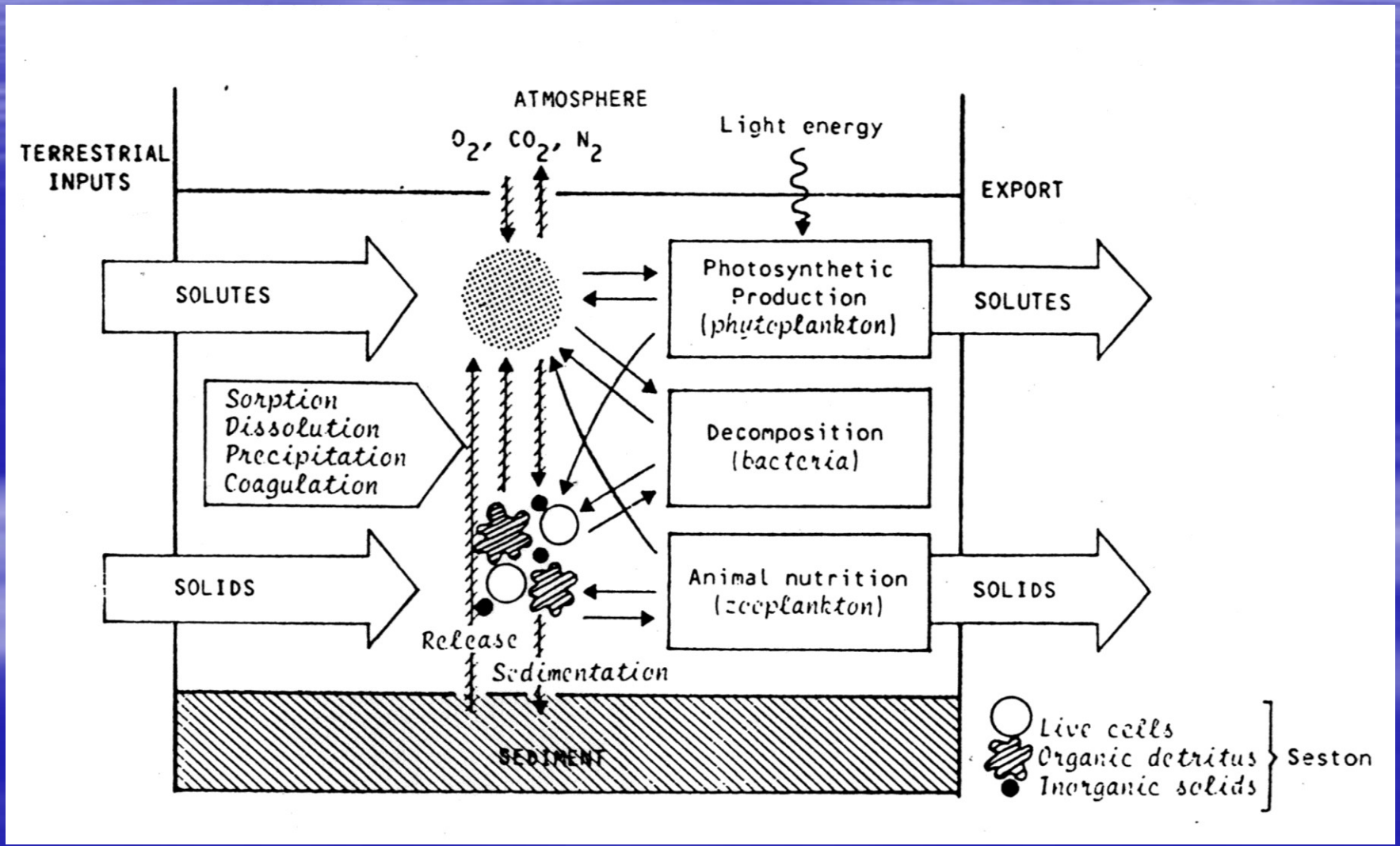
½ hour – 1 week

½ hour – 1 year

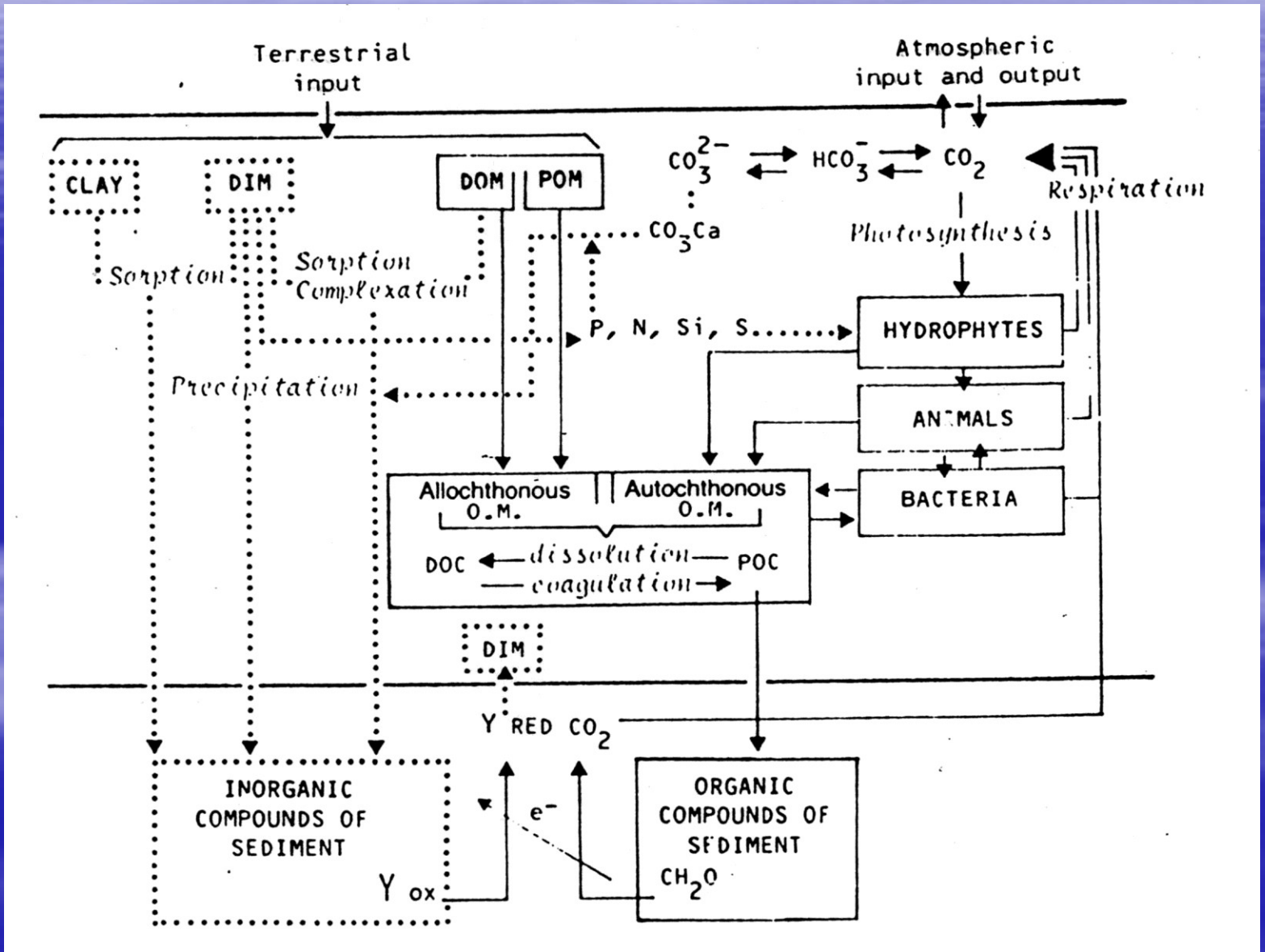
Minutes – days



Fyzikálně-chemické a biochemické procesy



Zjednodušený koloběh uhlíku



Koloběh živin

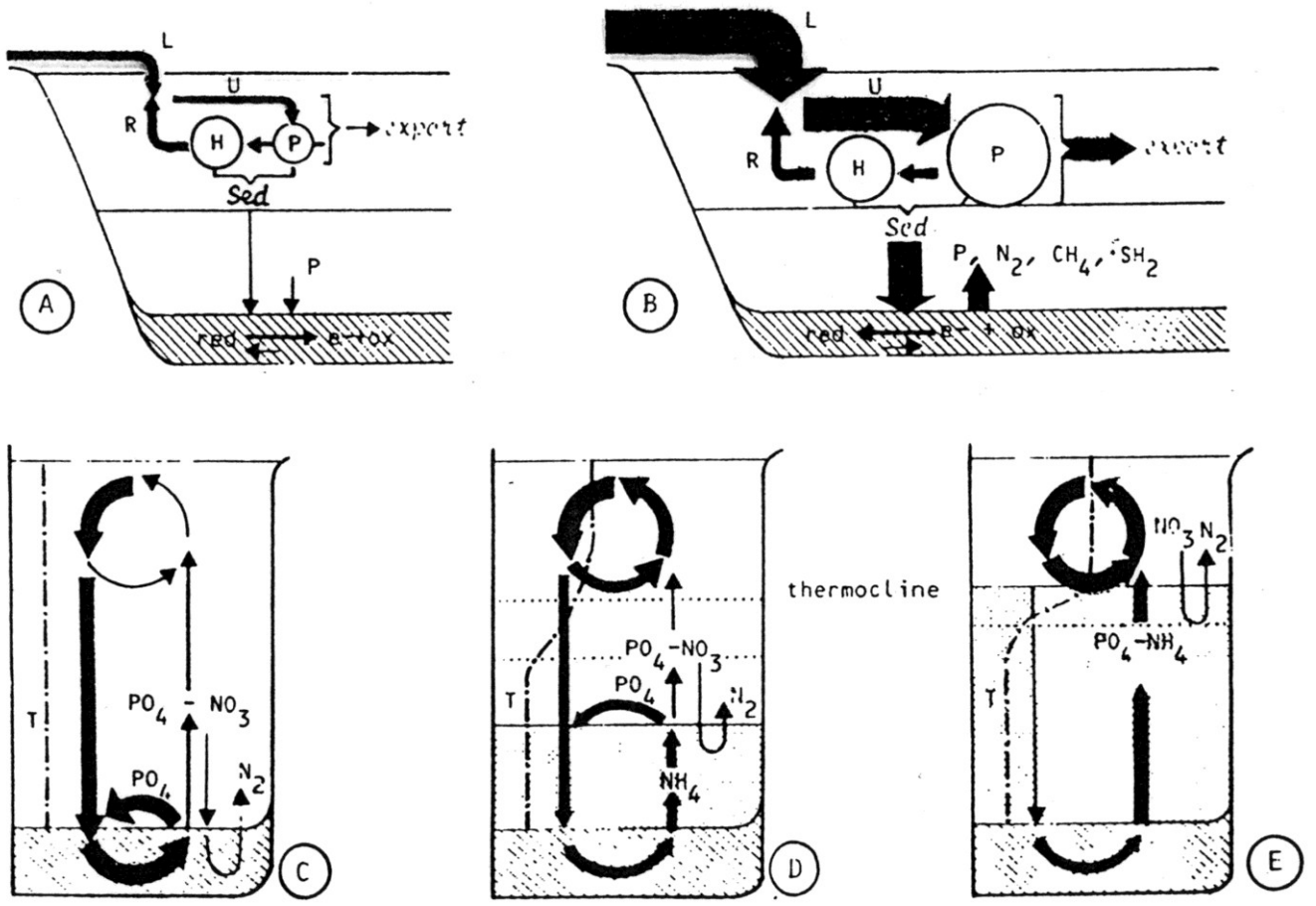


FIGURE 4. Representation of nutrient pathway in oligotrophic (A) and eutrophic (B) lakes, and in a very productive lake in spring (C), early summer (D), and later summer (E). Relatively more nutrient is recycled in the euphotic layers (fast cycle) in oligotrophic lakes and is sedimented in eutrophic ones. Nutrient loss from the epilimnetic fast cycle is reduced by the development of a steep thermocline (lower rate of sinking), and phosphorus internal loading from deoxygenated deep-water layers is increased in eutrophic lakes. Shaded areas represent O_2 depletion, dashed lines, temperature (T). P = phytoplankton, H = biomass of zooplankton + bacteria; U = uptake, R = recycling; L = external load.

Produkce, konzumace a destrukce

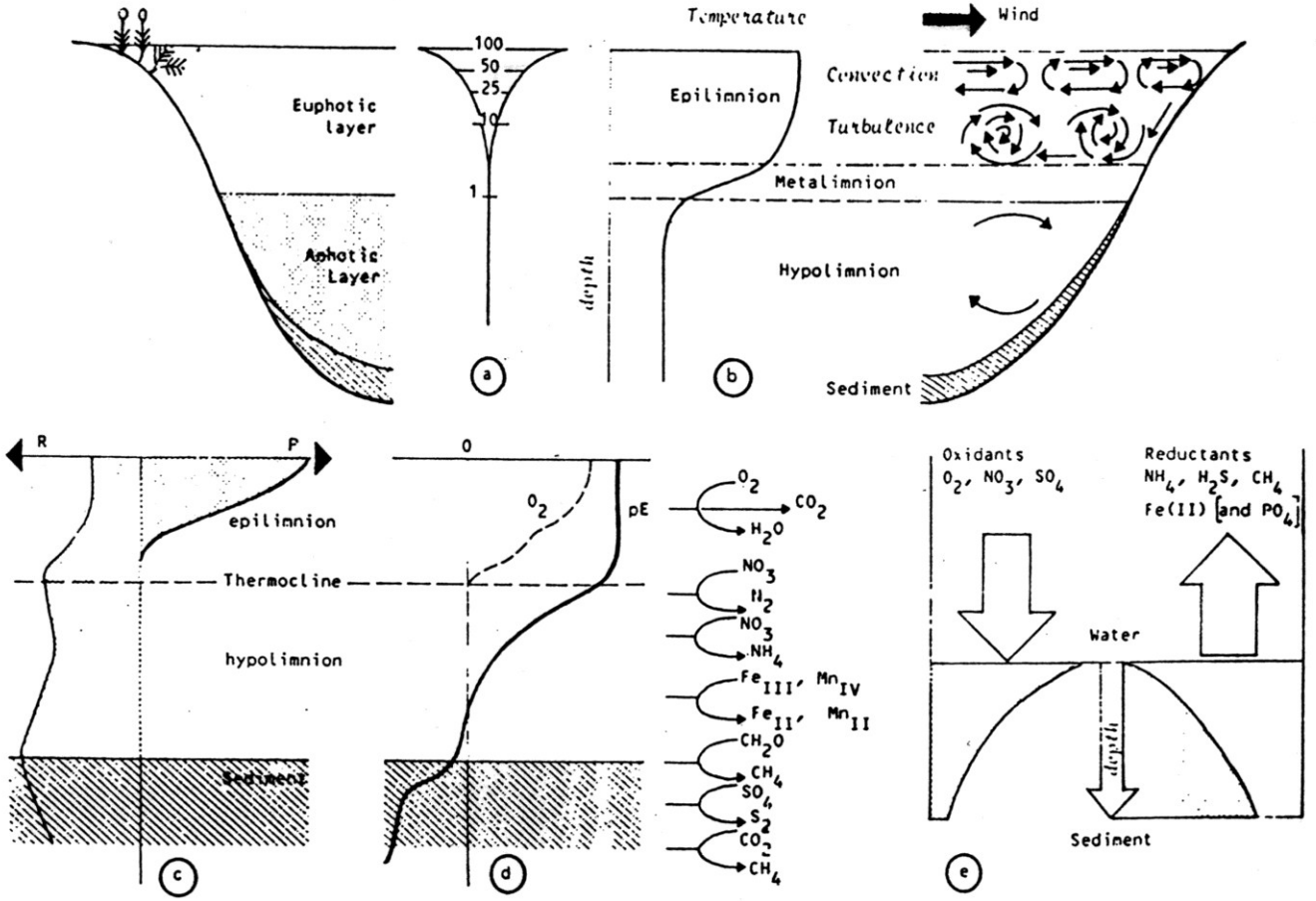


FIGURE 3. Photosynthetic production (P) and heterotrophic destruction (R) of organic matter may become vertically segregated in a lake (c) due to vertical distribution of light (a) and temperature (b). Depletion of oxygen in the hypolimnetic layer in a very eutrophic lake is the first step in a sequence of microbially mediated redox processes which follow the fall in pE with increasing depth (d). Distribution of concentration in sediment pore water (shaded area) and direction of fluxes expected at the sediment water interface is shown (e).

Do konce 80-tých let neexistoval ucelený koncept role mikroorganismů ve vodních ekosystémech

- Zásadní a primární role přisuzována toku uhlíku od primárních producentů (řasy a sinice) k zooplanktonu a dále do ryb

- Scházela kvantifikace role mikrobiálních procesů v globálních měřítku . . . tedy i možnost odpovědět na otázku jaký je jejich podíl na transformaci / koloběhu látek a limitujících nutrientů ??

- Obecně mikroorganismům, tj. bakteriím a prvokům, byla přisuzována pouze okrajová role ve fungování ekosystémů

Koncept "MIKROBIÁLNÍ SMYČKY"

→ **Především na základě studia mořských systémů (Azam a kol. 1983)**

Nepřímé důkazy: 60-90% celkové respirace a regenerace nutrientů

→ činnost organismů < 10 µm !!!

Přímé důkazy: Epifluorescenční mikroskopie a rozvoj metodik fixace vzorků s prvoky

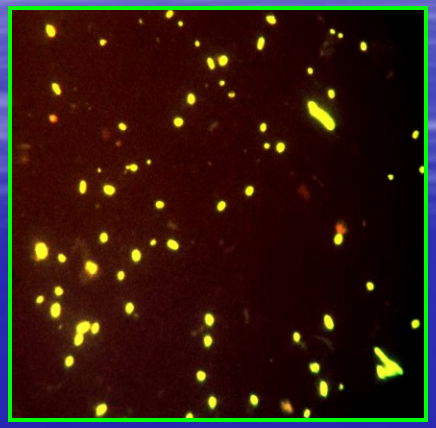
→ **V planktonu početně dominují heterotrofní bičíkovci (2-8 µm), lze je snadno rozlišit od autotrofních bičíkovců**

→ **Mezi nálevníky početně dominují druhy < 20 µm**

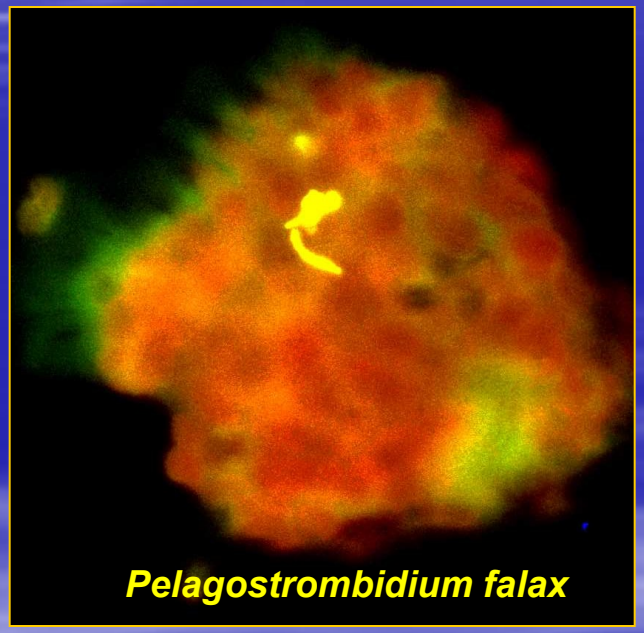
→ **Rychlá kvantifikace hetero- (bakterie) a autotrofního pikoplanktonu**

„normální“ bakterioplankton
(Římov)
10 µm
1999 © J. Nedoma

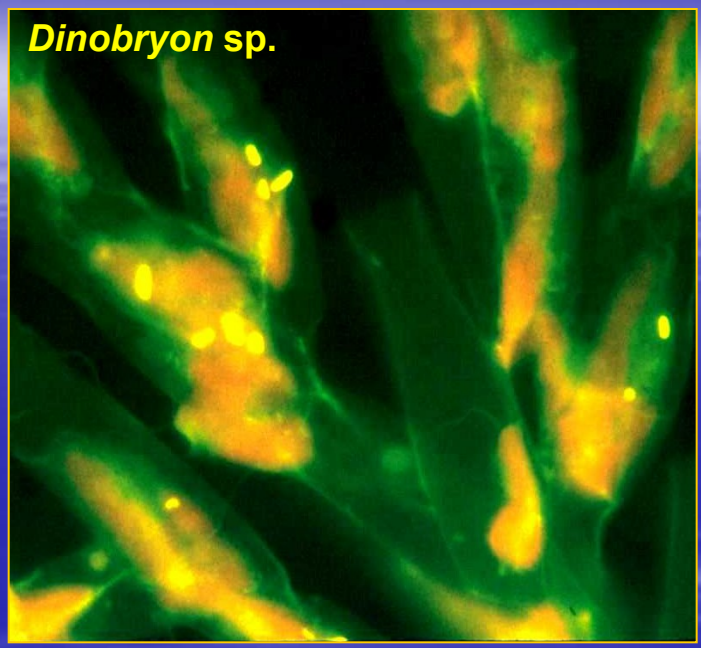
Fluorescenčně značené bacterie



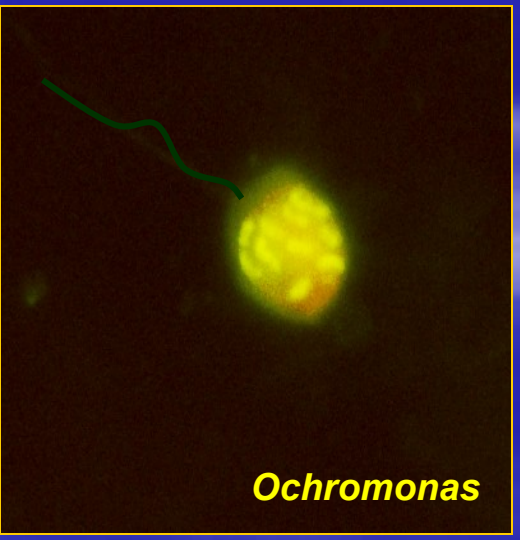
Mixotrofie nálevníků a bičíkovců



Pelagostrombidium falax

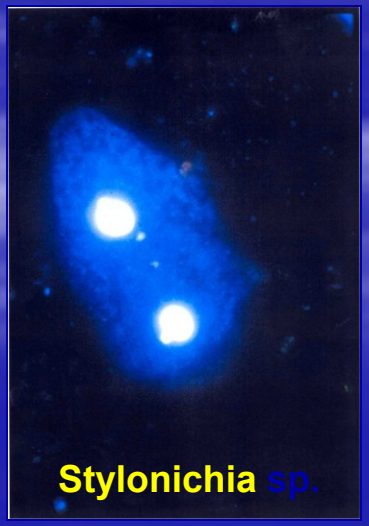


Dinobryon sp.

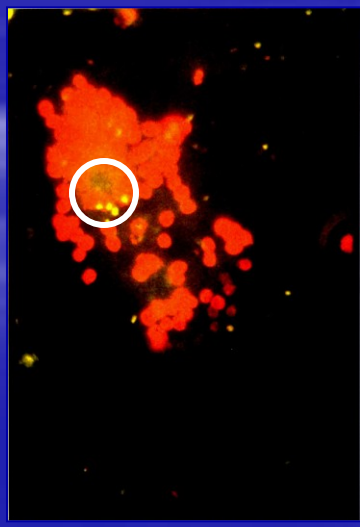


Ochromonas

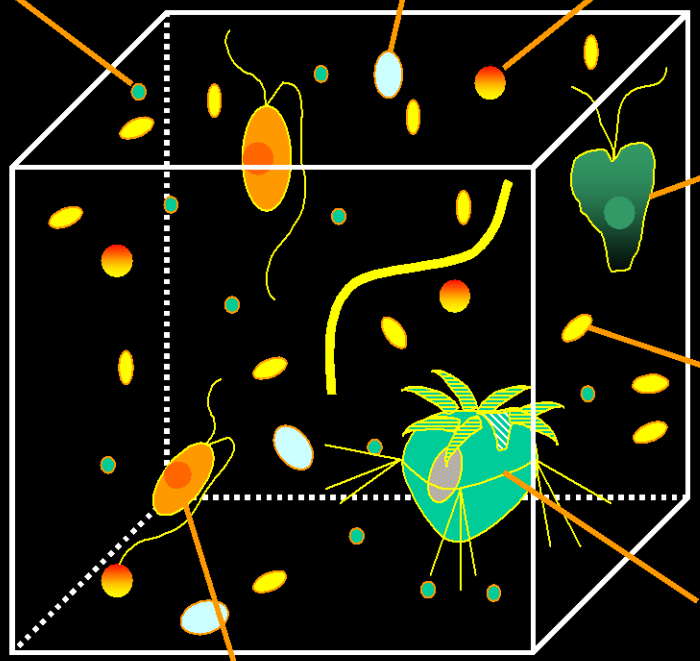
Druhově- specifická rychlost příjmu bakt.



Stylonichia sp.



Skupiny mikroorganismů mikrobiální smyčky v 1 ml jezerní vody



Fototrofní bakterie
0-10^6 cells ml^{-1}

Viry
10^4-10^9 ml^{-1}

(Piko)sinice
0-10^6 cells ml^{-1}

Řasy
10^2-10^4 cells ml^{-1}

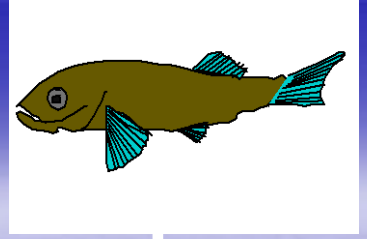
Heterotrofní bakterie
10^5-10^8 cells ml^{-1}

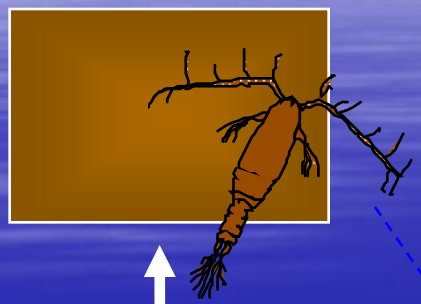
1 ml
~
1 cm^3

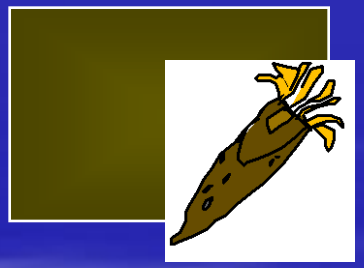
Hetero- a mixotrofní nálevníci
0-10^4 cells ml^{-1}

Hetero- a mixotrofní bičíkovci
10^2-10^4 cells ml^{-1}

"Microbial loop" (1983)

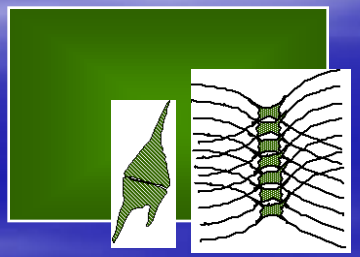


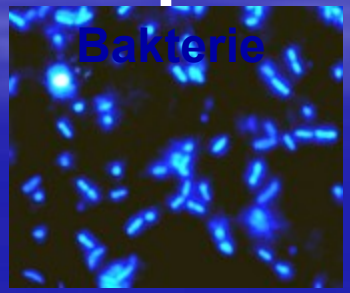




Bičíkovci

Exkrece





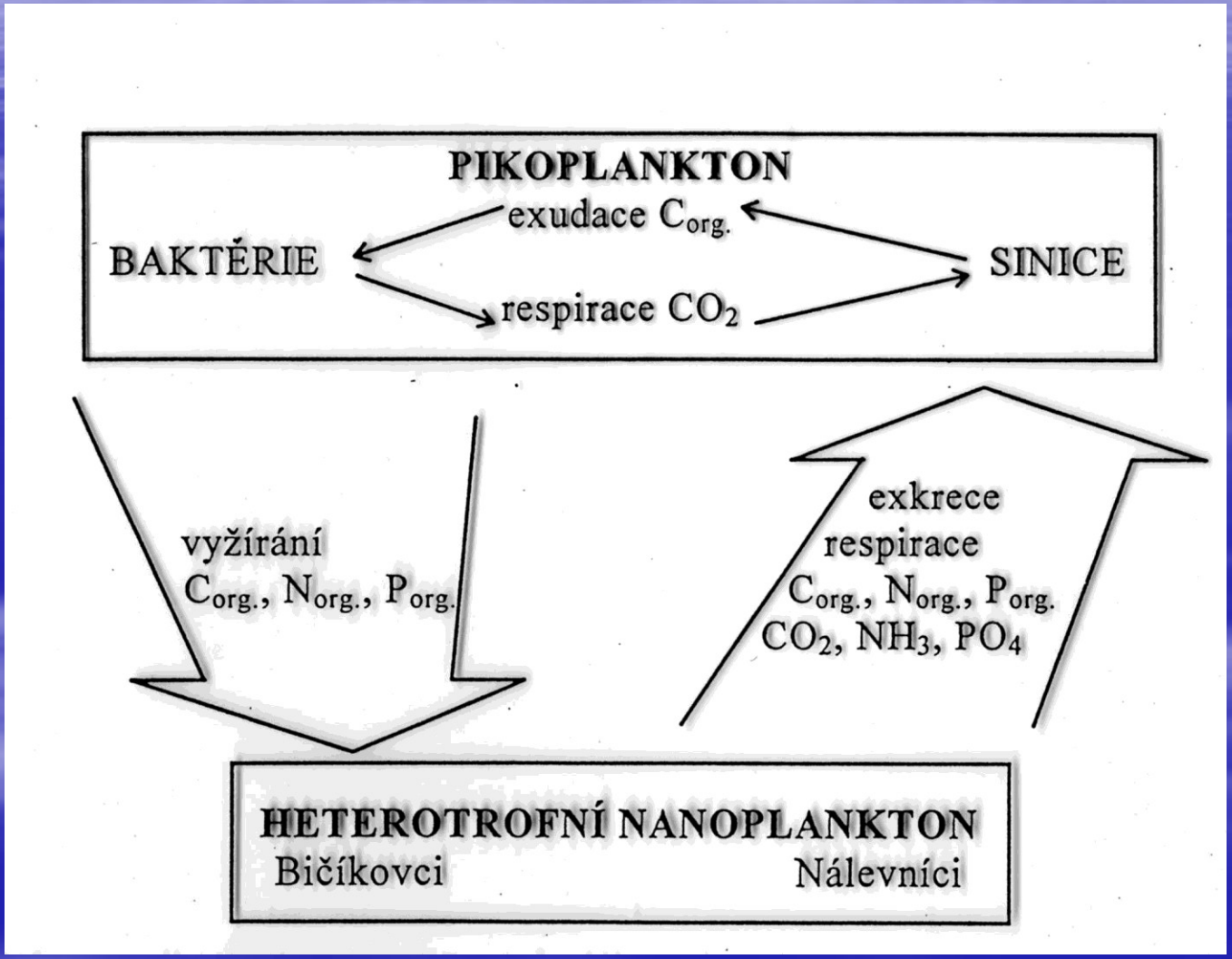
Bakterie

Světlo

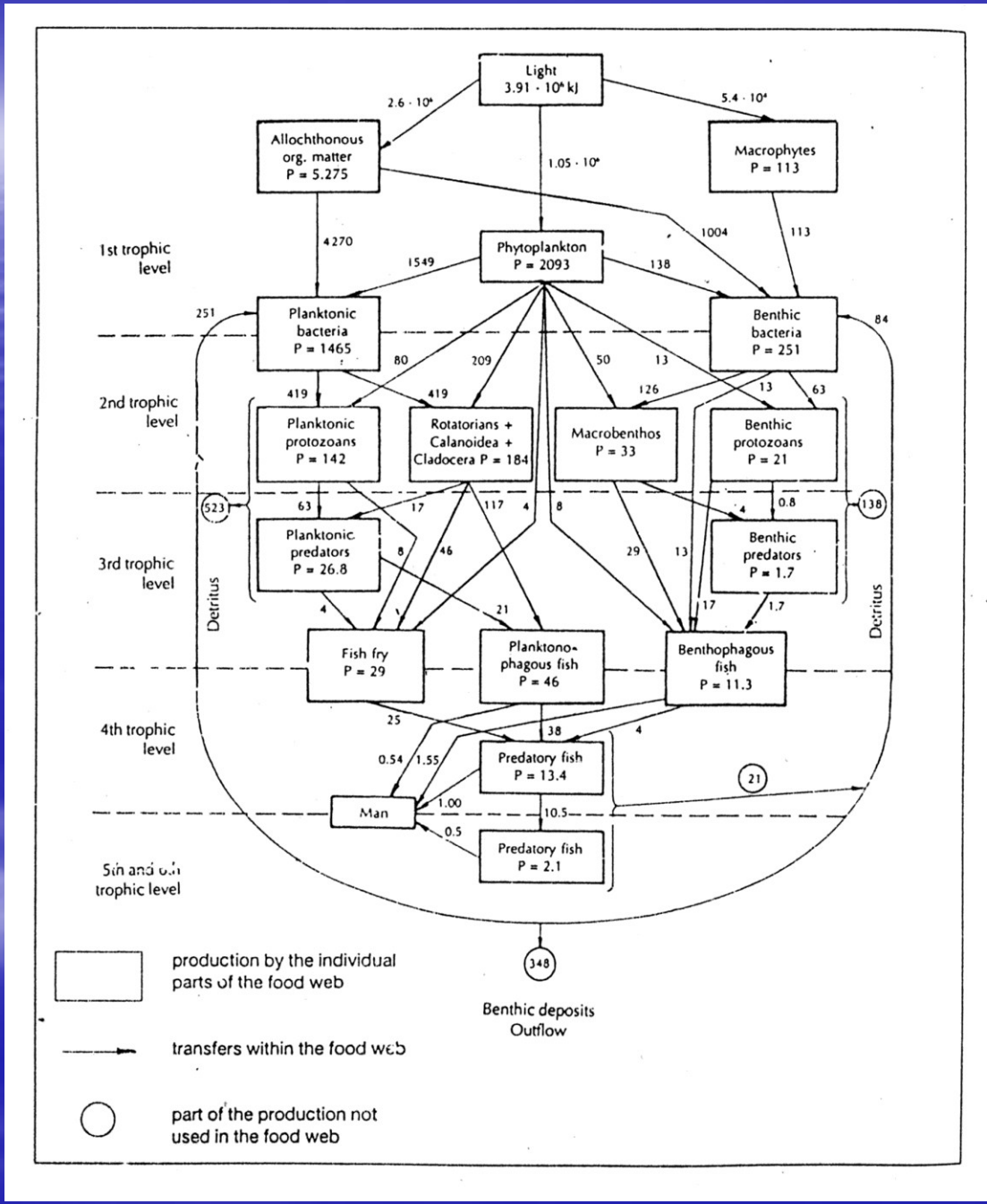
Org. látky

DOM

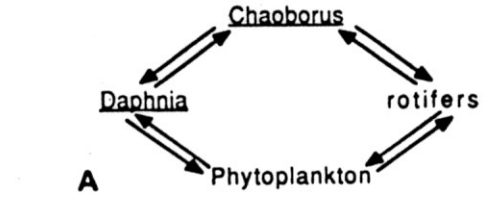
Bakteriální smyčka



Potravní síť (řetězce)



Potravní sítě



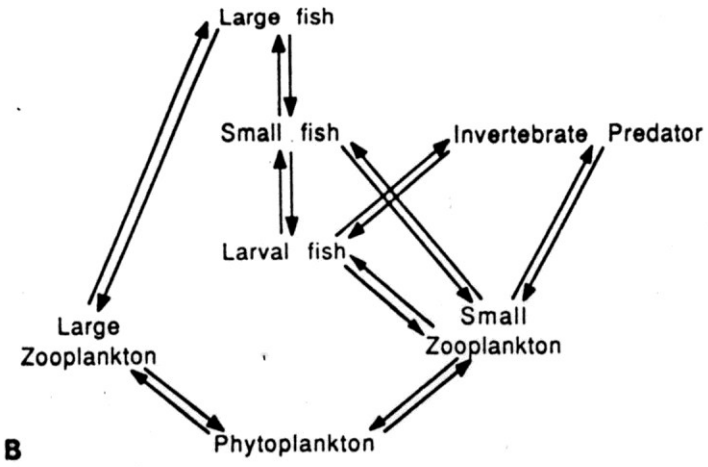


FIGURE 10.1. (A) Food web with indirect effects of an invertebrate predator, *Chaoborus*, on *Daphnia* (based on Neill 1985). Arrows pointing up relate to material or energy flow. Arrows pointing down reflect predatory control of prey. (B) Food web with indirect effects involving an invertebrate predator and different ontogenetic stages of fish.

Společenstvo, potravní specializace, velikostní kategorie

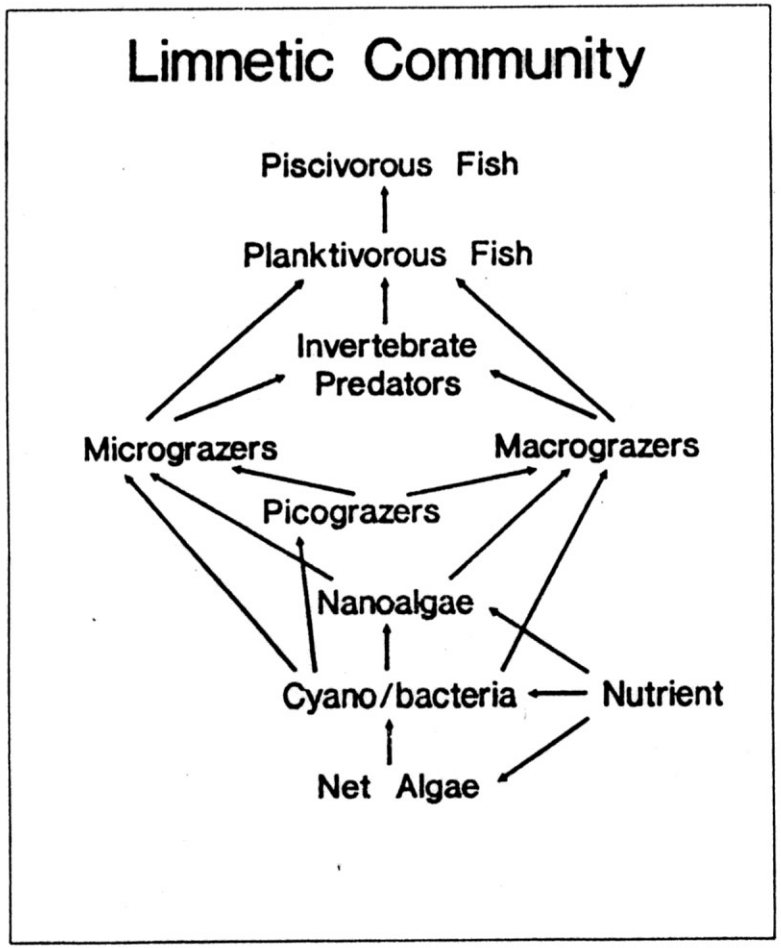


FIGURE 3.1. The limnetic community of an oligotrophic montane lake in British Columbia. Names represent aggregative descriptors of the components of the community and may contain many taxa. The following definitions apply: macrograzers—crustaceans > 0.8 mm; micrograzers—crustaceans, rotifers, and protozoans 5 μm–0.8 mm; picograzers—protozoans < 4 μm; net algae—phytoplankton > 80 μm; nannoalgae—largely phytoflagellates 3–8 μm; cyanobacteria—myxotrophic blue-greens and heterotrophic bacteria < 3 μm.

Společenstva – pelagial/litoral

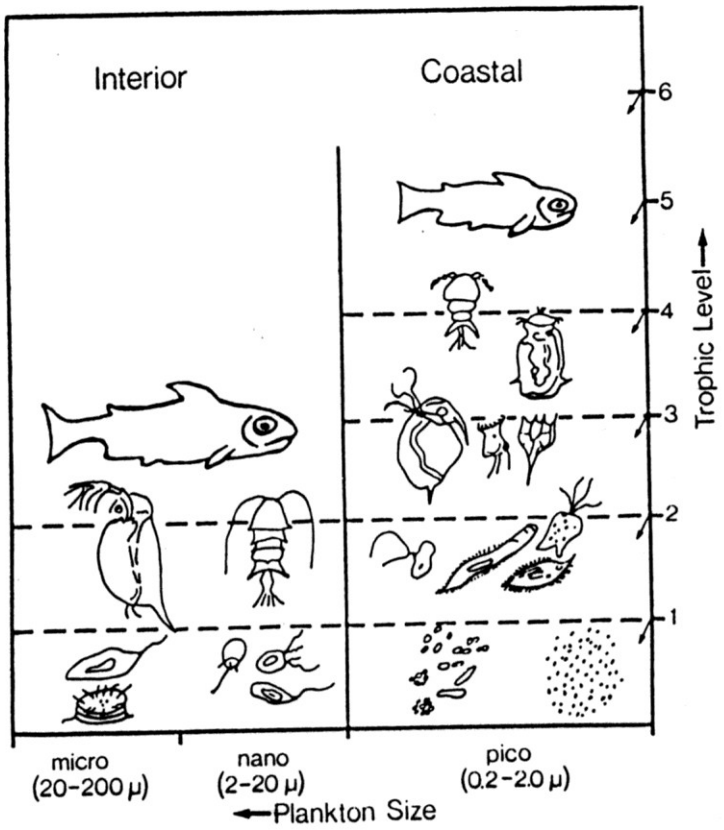
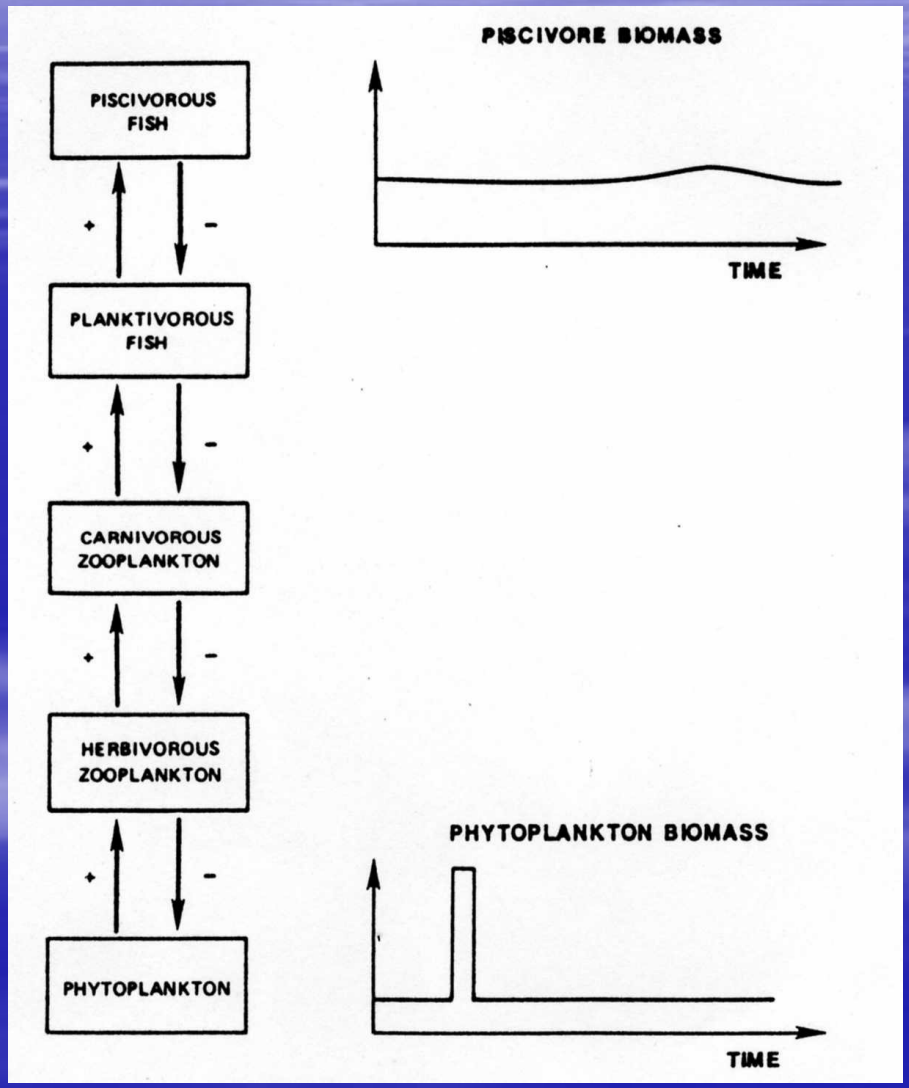
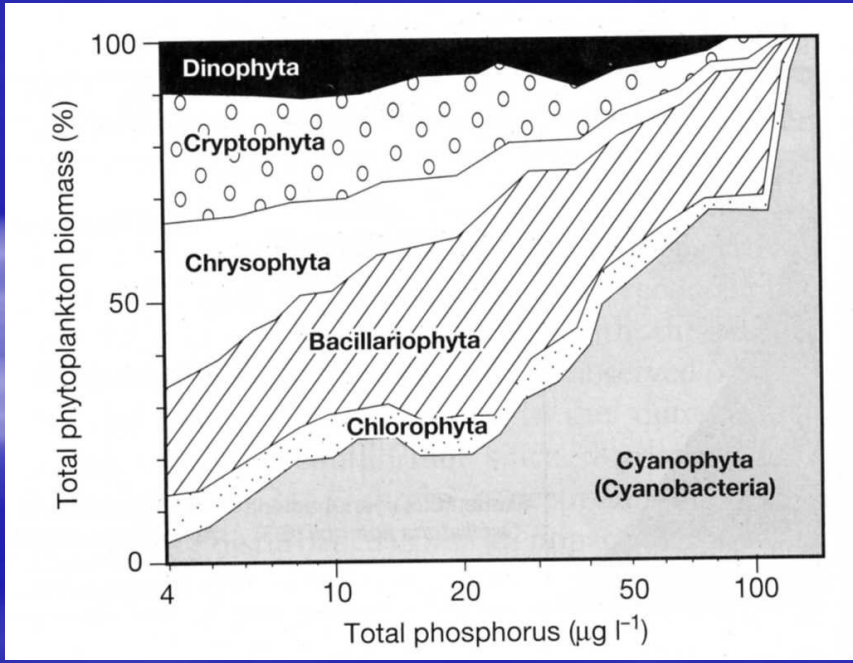


FIGURE 5.3. Nanoplankton-based food chains of oligotrophic interior British Columbia lakes are shorter and more efficient because of the presence of *Daphnia*, producing larger individuals and supporting higher standing stocks of planktivorous juvenile sockeye salmon. The food chains of ultra-oligotrophic coastal lakes are picoplankton based with rotifers, copepods, and *Eubosmina* as predominant zooplankters. The food webs tend to be more complex, longer, and less efficient, supporting lower standing stocks of juvenile sockeye of a smaller average size (Stockner and Shortreed 1988).

Top - down, down - up



Fytoplankton – hlavní produkční složka společenstva



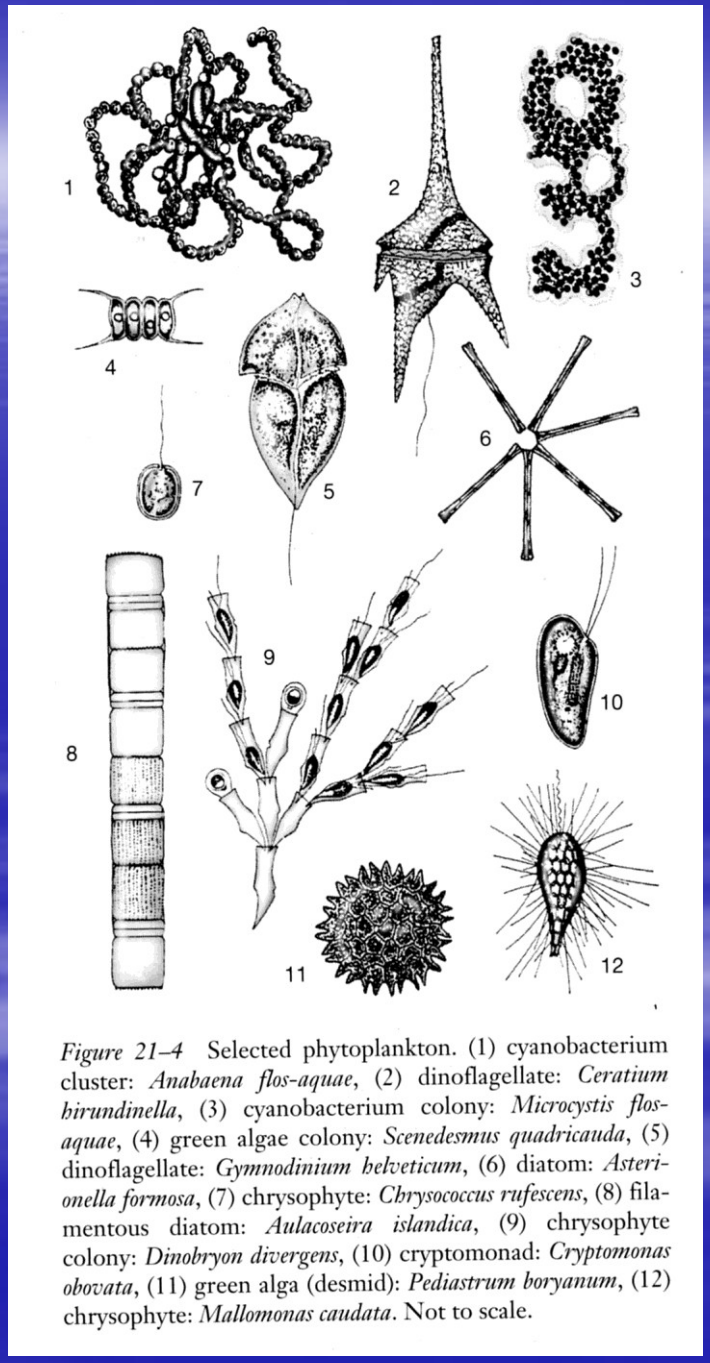
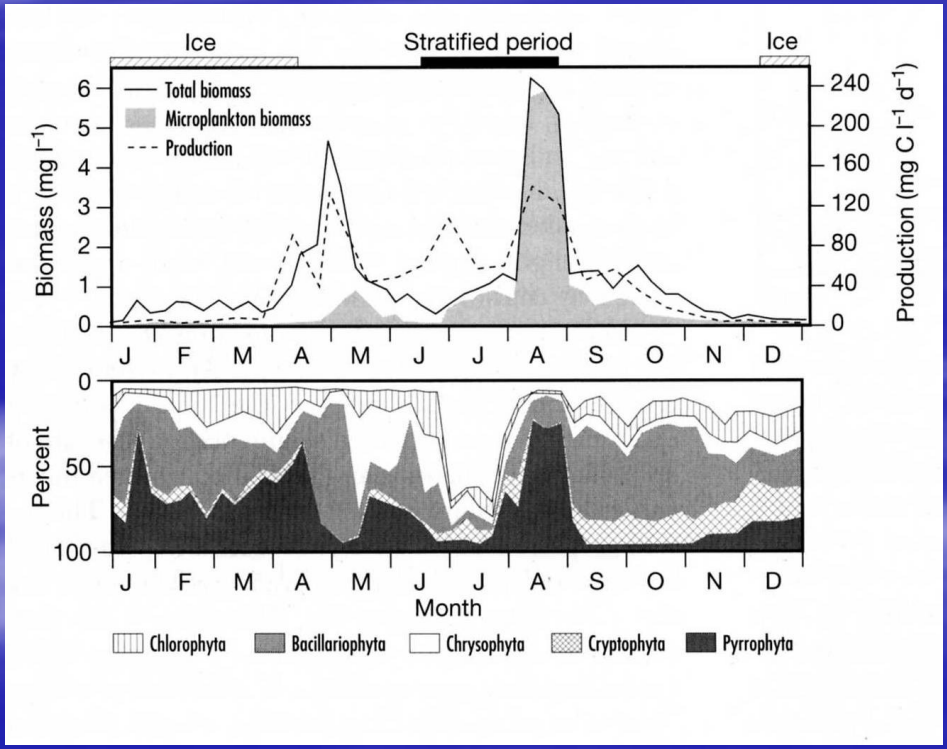
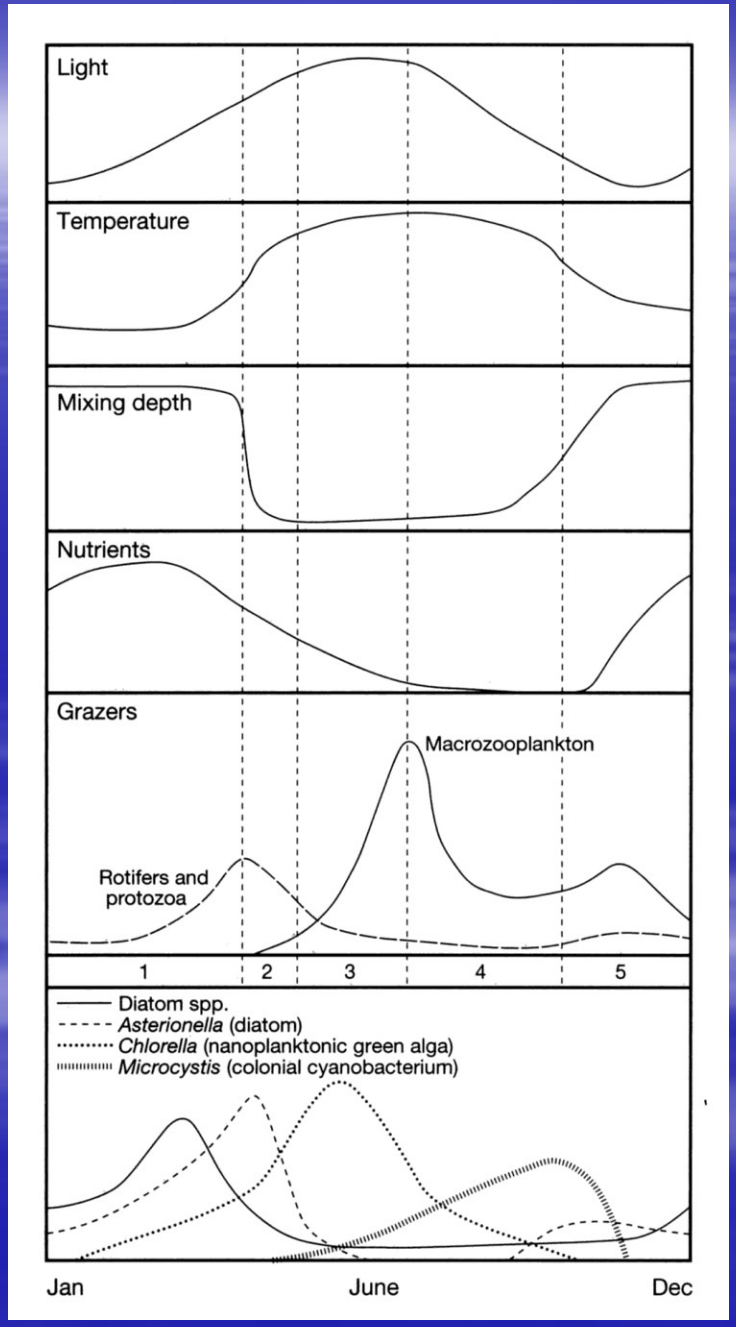


Figure 21–4 Selected phytoplankton. (1) cyanobacterium cluster: *Anabaena flos-aquae*, (2) dinoflagellate: *Ceratium hirundinella*, (3) cyanobacterium colony: *Microcystis flos-aquae*, (4) green algae colony: *Scenedesmus quadricauda*, (5) dinoflagellate: *Gymnodinium helveticum*, (6) diatom: *Asterionella formosa*, (7) chrysophyte: *Chrysococcus rufescens*, (8) filamentous diatom: *Aulacoseira islandica*, (9) chrysophyte colony: *Dinobryon divergens*, (10) cryptomonad: *Cryptomonas obovata*, (11) green alga (desmid): *Pediastrum boryanum*, (12) chrysophyte: *Mallomonas caudata*. Not to scale.

Sezónní cyklus biomasy planktonu





Konzumenti - zooplankton

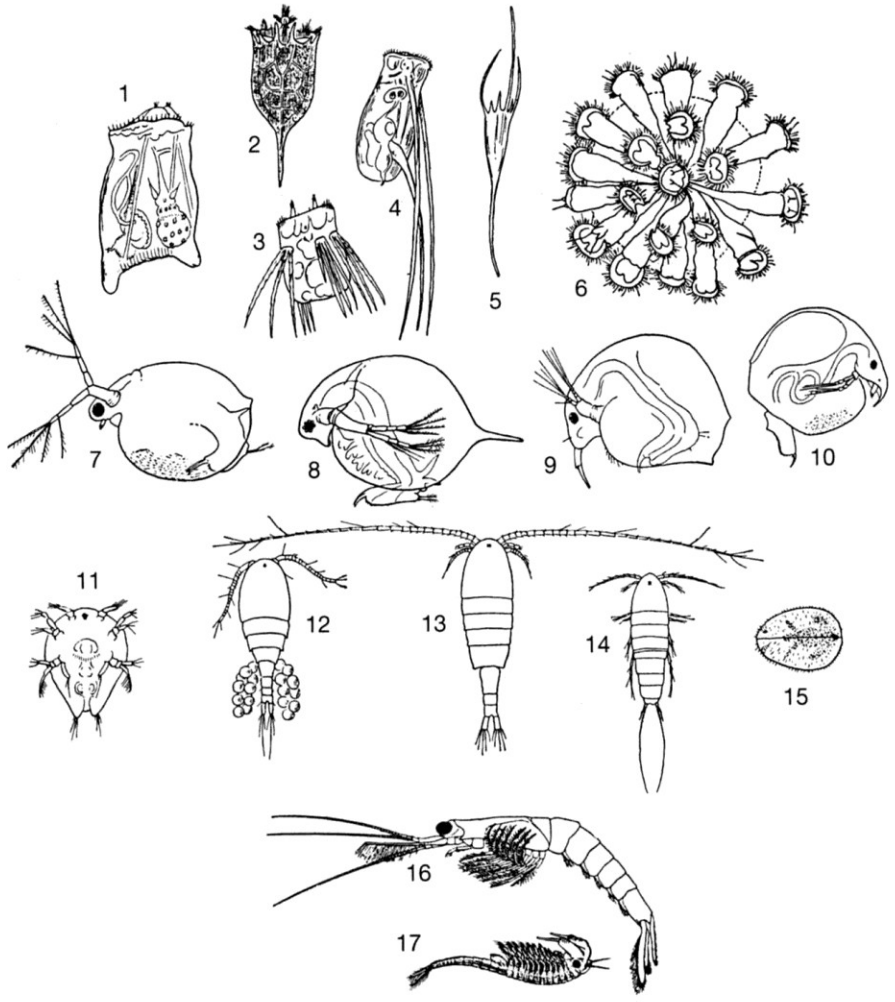
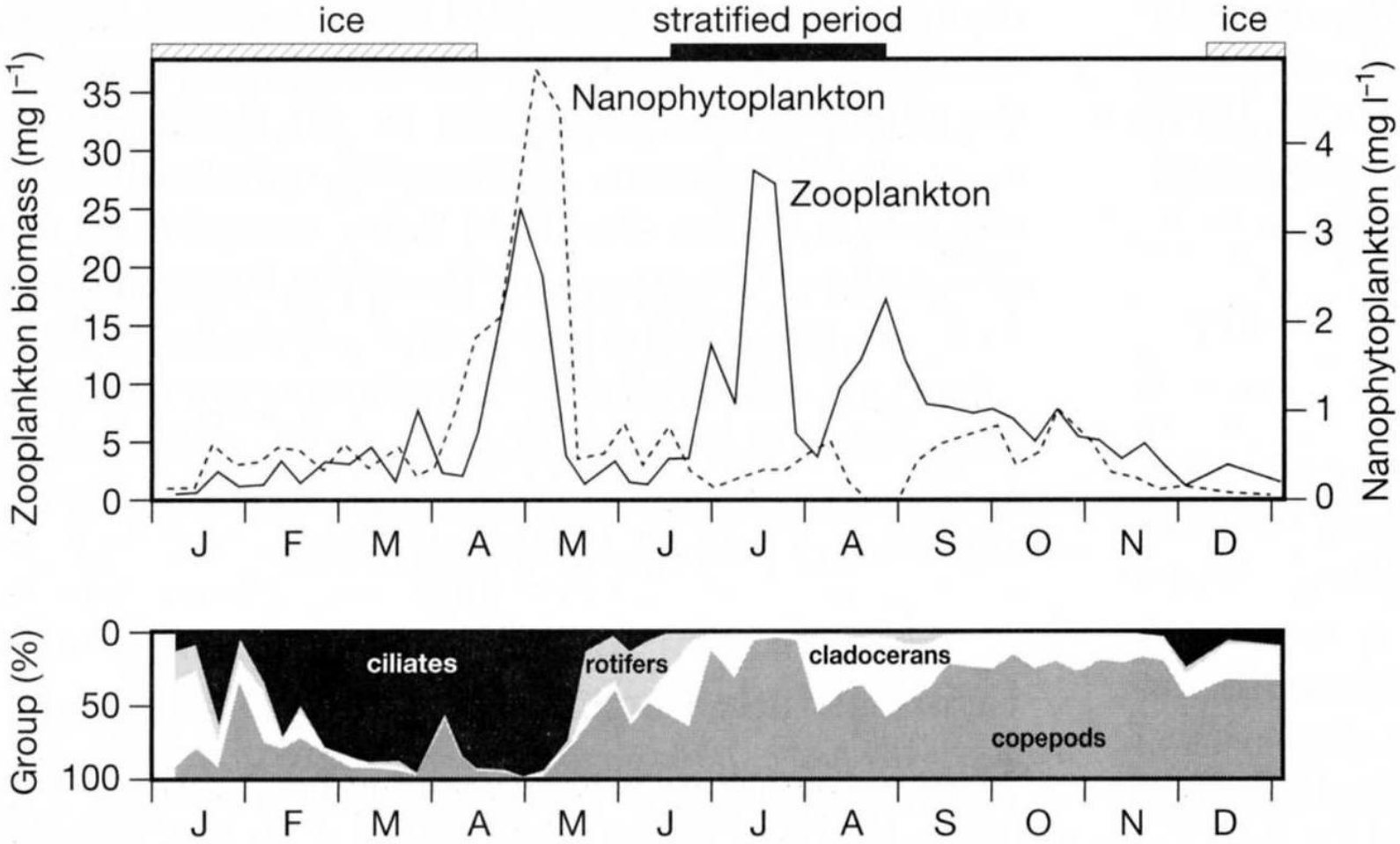
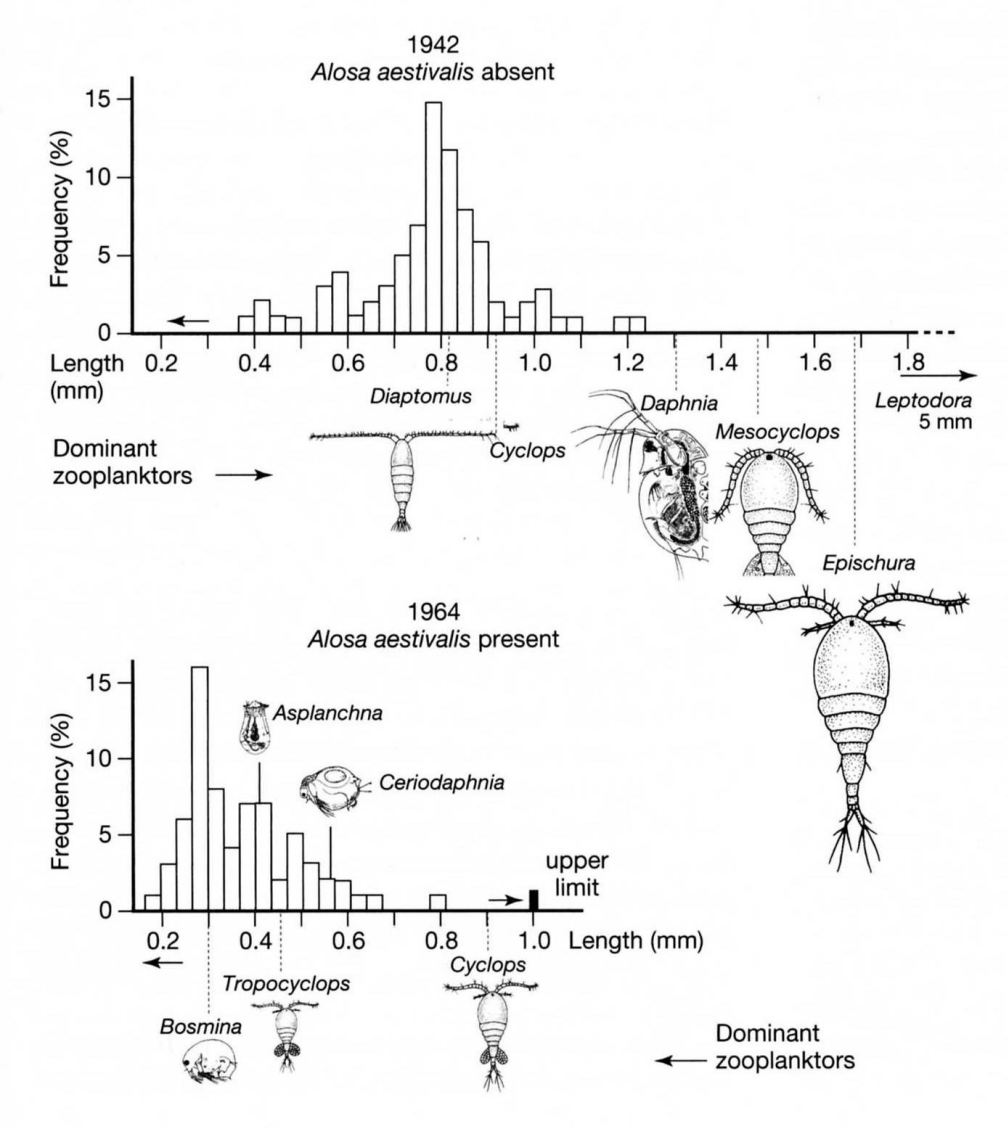


Figure 23–3 Selected zooplankton, not drawn to scale. Rotifers: (1) *Asplanchna*, (2) *Keratella*, (3) *Polyarthra*, (4) *Filinia*, (5) *Kellicottia*, (6) colony of *Conochilus*; Cladocerans: (7) *Ceriodaphnia*, (8) *Daphnia*, (9) *Bosmina*, (10) *Chydorus*; Copepods: (11) cyclopoid copepod: *Nauplius* larva, (12) cyclopoid copepod: *Cyclops*, female, (13) calanoid copepod: *Diaptomus*, (14) harpecticoid copepod (primarily benthic): *Canthocamptus*; other selected Crustaceans: (15) Ostracods: *Cypridopsis* (benthic), (16) *Mysis* (benthic-planktonic), (17) *Eubranchipus* (littoral). *(After Needham and Needham 1962.)*

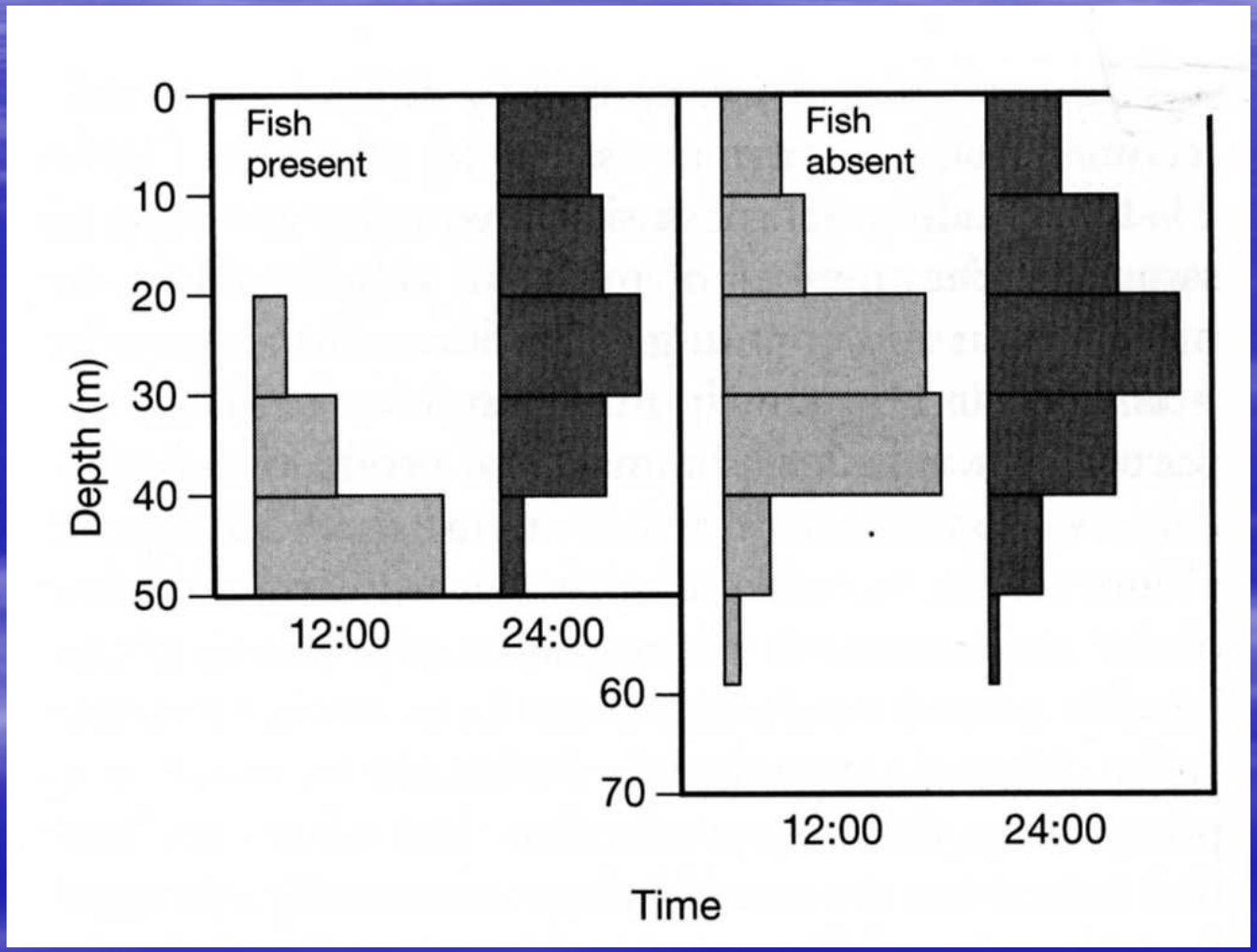
Sezónní cyklus zooplanktonu



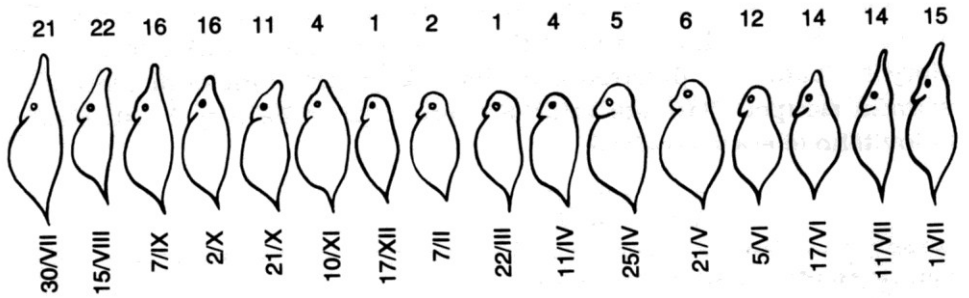
Top – down řízení společenstva



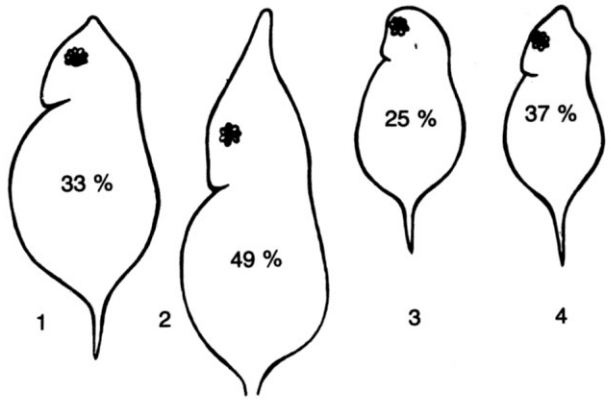
Denní migrace



Cyklomorfóza, kairomony, exoenzymy – výstražné substance



24. Cyklomorfóza hrotnatky *Daphnia cucullata* v jezeře Furesee. Na spodní straně řady jsou data odběrů vzorků, nad řadou teploty ve °C (podle Wesenberg-Lunda, 1939 in Schubert a Lellák 1972)



25. Vliv proudění a teploty vody na tvorbu přileb u hrotnatky *Daphnia cucullata: 1* v malých nádržích se tvoří nízké přilby jen v období podzimní cirkulace vody, *2* ve větších nádržích vznikají působením proudění vyvolaného větrem velké přilby již v létě, *3* v chovech bez cirkulace vody netvoří nízkohlavá rasa žádné přilby, *4* po zavedení umělé cirkulace vody provzdušňováním vytváří nízkohlavá rasa přilbu asi stejně vysoku jako v malých nádržích v přírodě (podle Hrbáčka, 1959)

1. Přehradní nádrže

Specifika údolních nádrží – vliv morfologie a kvality vody na strukturu potravních sítí a další biotické interakce

Vliv parametrů vody v přítoku do nádrže a doby zdržení na:

- vznik přechodné zóny s intenzivním mícháním, zařazení přítokové vody do profilu nádrže
- biotické a abiotické gradienty, typ sukcese na podélném profilu nádrže
- různou roli autotrofní a heterotrofní složky planktonu *(autochtonni versus alochtonní zatížení organickými látkami)* rychlé změny ve složení planktonních společenstev

Jezera versus přehrady ?

Nejvýznamnější rozdíly -

„KAŇONOVITÉ“ přehradní nádrže

→ Relativně krátká doba zdržení

→ Prostorová heterogenita

Hráz ← **Gradienty, sukcese** ← **ŘEKA**

Chemismus ←

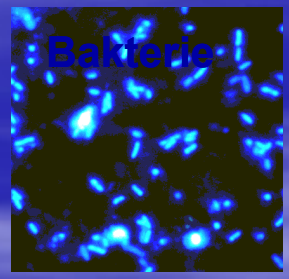
Zooplankton ←

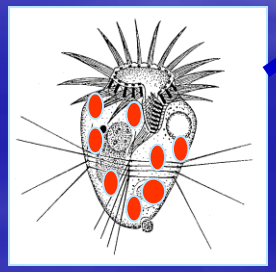
Fytoplankton ←

Ryby ←

? Mikrobiální procesy ?

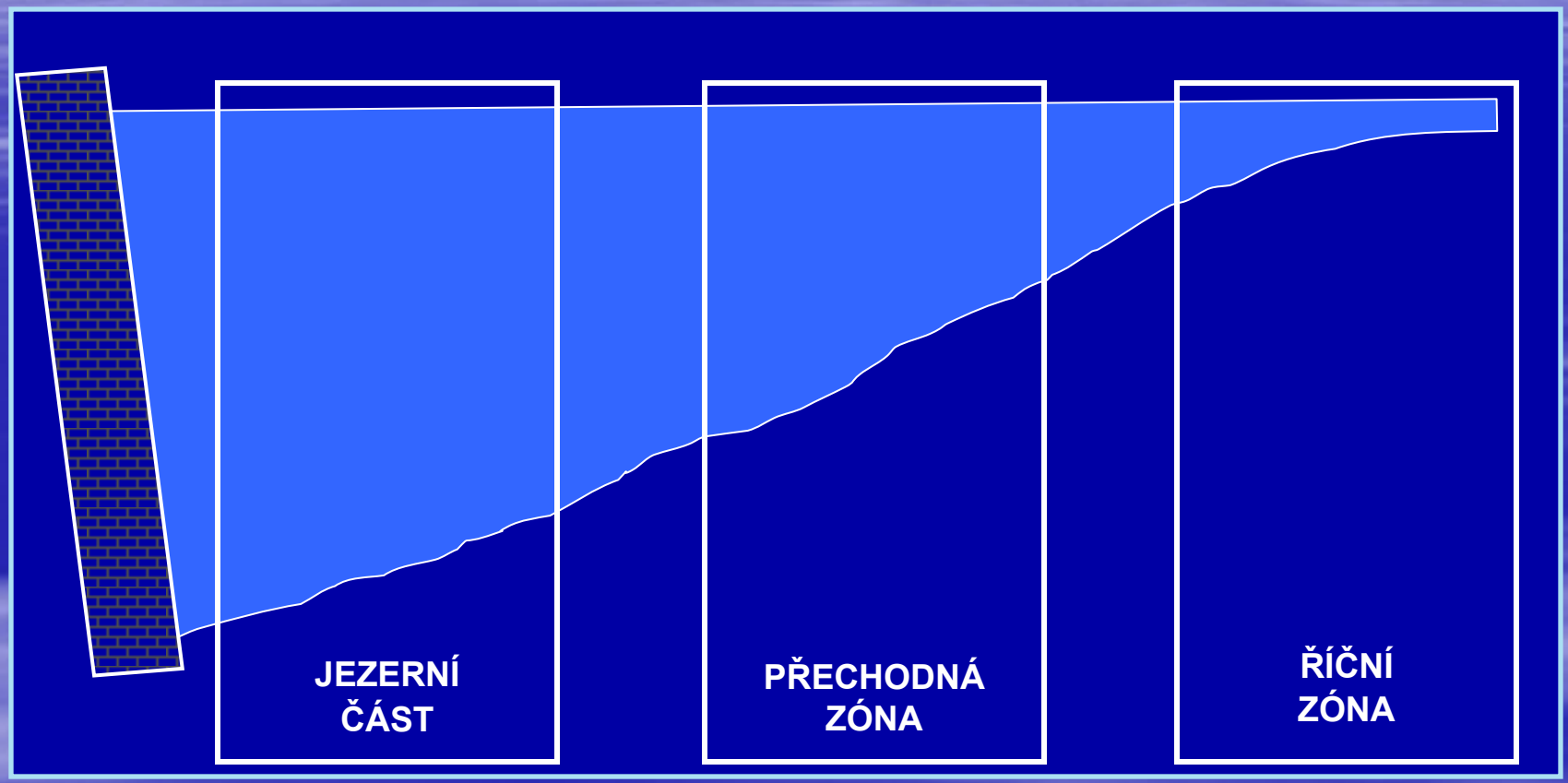
- Interakce
- sukcese
- složení společenstev





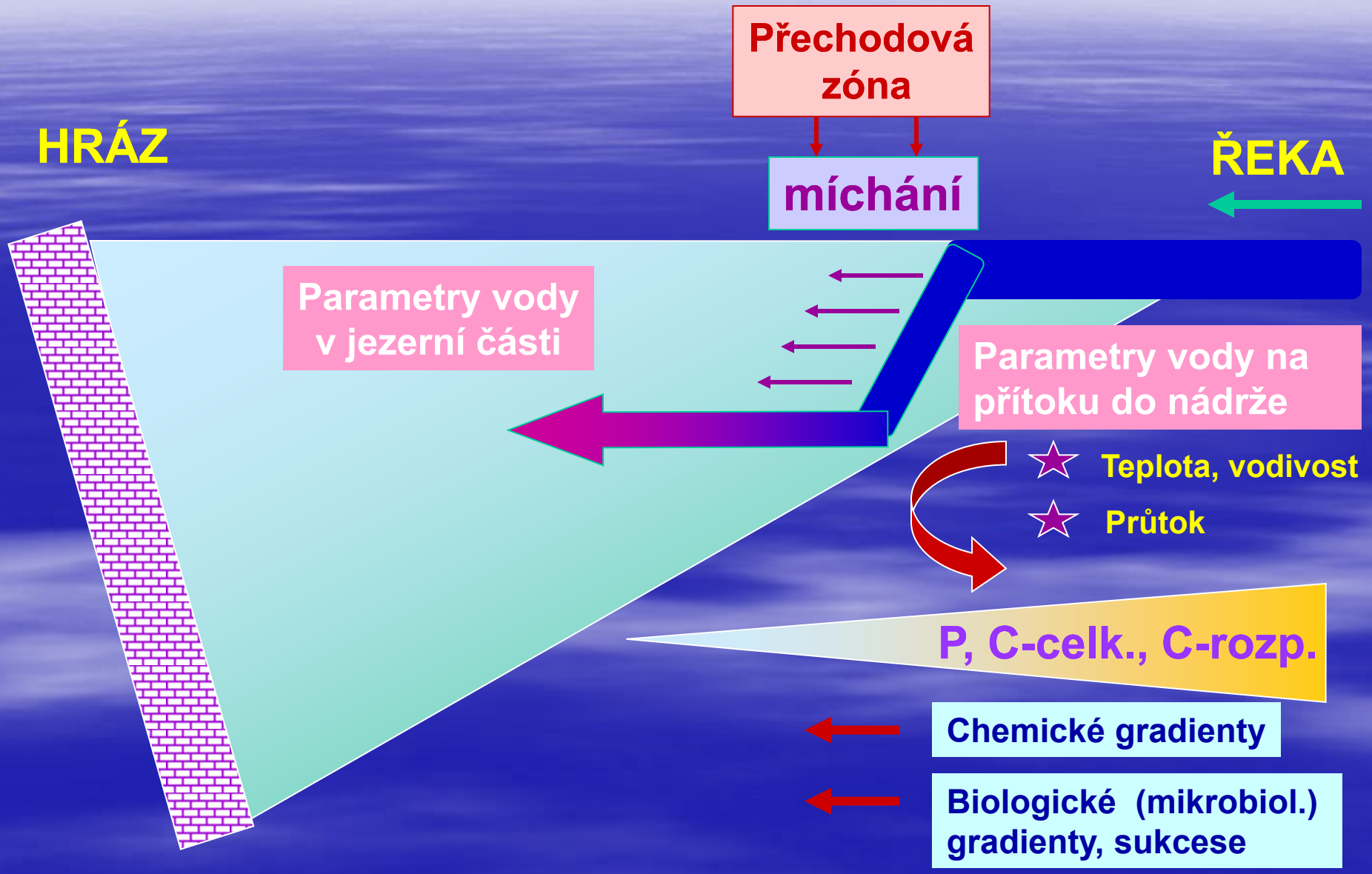
Kaňonovité nádrže

Přechodné systémy mezi jezery a řekami → **PROSTOROVÁ HETEROGENITA**



HRÁZ ← Významné gradienty v chemických, fyzikálních a biologických parametrech → ŘEKA

Gradienty na podélném profilu kaňonovitých nádrží

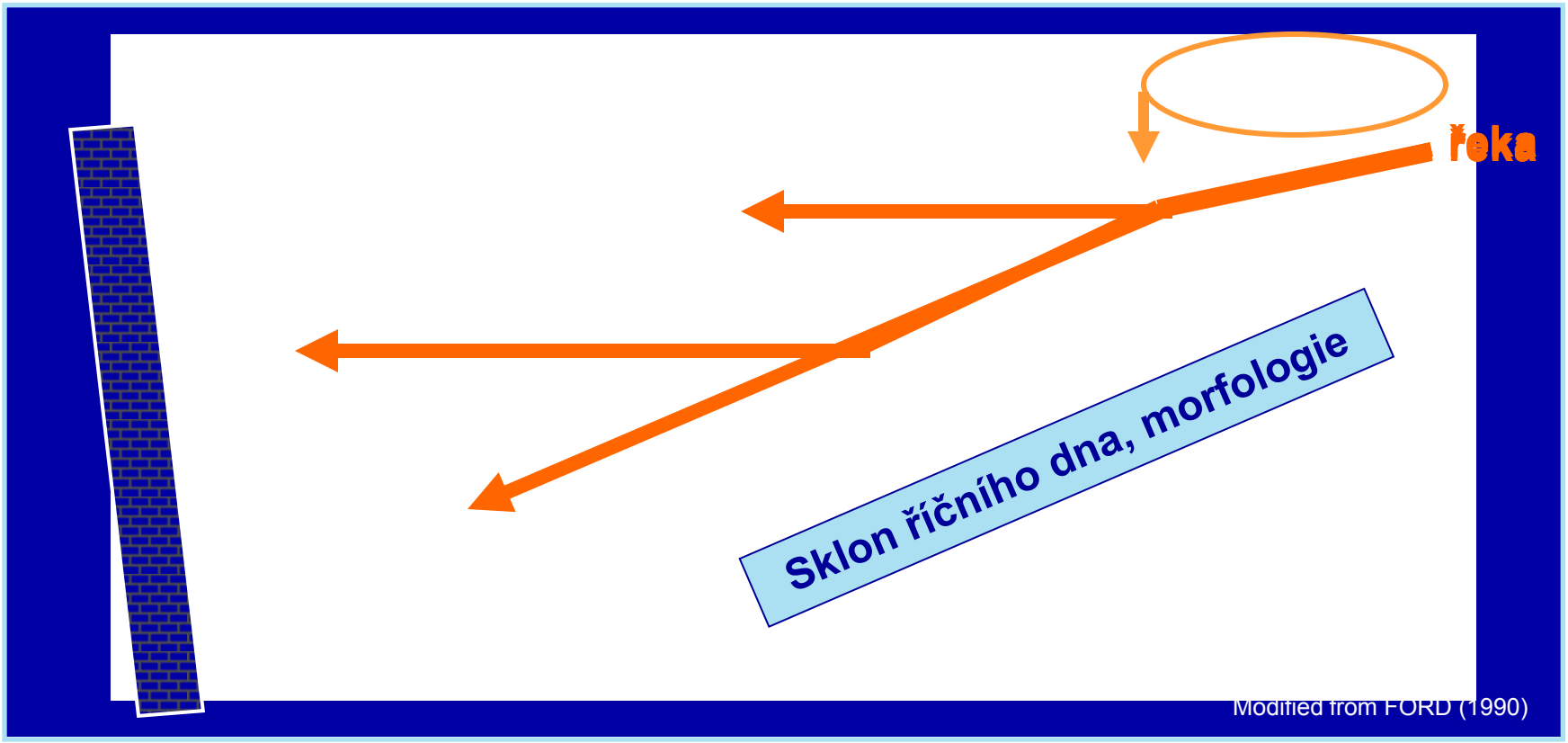


Zařazování říční vody do nádrže

3 Typy cirkulace

Přehrada x Řeka (rozdíl teplot)

- mění se hloubka zanoření říční vody do nádrže



Bod zanoření („Plunge point“)

Rozdílnost přehrad s odlišnými parametry

Kaňonovité nádrže – prostorová heterogenita

Vliv rozdílného zatížení nutrienty a organickými látkami v přítoku do nádrže na typ sukcese a podíl autotrofní a heterotrofní složky planktonu

Tři příklady na vzrůstajícím gradientu trofie:

Mesotrofni - ŘÍMOV „meso- eutrofni“

Eutrofní – ORLÍK

v povodí větší města a intenzivně hnojená rybniční oblast třeboňské pánve, ZLATÉ STOKA napojena prostřednictvím Lužnice (přítok Vltavy)

Hypertrofní – SAU, Španělko

v povodí intenzivně zemědělská činnost, živočišná výroba

Charakteristiky 3 kaňonovitých přehradních nádrží

Parametr	~~Římov~~ (1999)	~~Orlík~~ Vltavské rameno (2000)	~~Sau~~ (1997-99) (Španělsko)
Objem, mil. m^3	30	112	117
Délka, km	13	31	16
Max. / min. hloubka	43 / 16	43 / 13	75 / 25
Průměrná doba zdržení, dny	90	23	86

Chemismus, průměrné koncentrace v řece

TN / TIN, mg/l	2.1 / 1.6	4.0 / 2.7	2.2 / 1.7
TP / DRP, µg/l	78 / 39	180 / 40	250 / 120
POC / DOC, mg/l	0.7 / 5.6	4.0 / 8.4	2.5 / 3.5
BDOC, mg/l	0.5	2.5	2
BDOC / TIN / DRP (molar ratio)	33 / 91 / 1	62 / 75 / 1	22 / 31 / 1

(BDOC = biodegradabilní org. C)

Vysoký DOC, ale nízký POC & BDOC - huminové látky

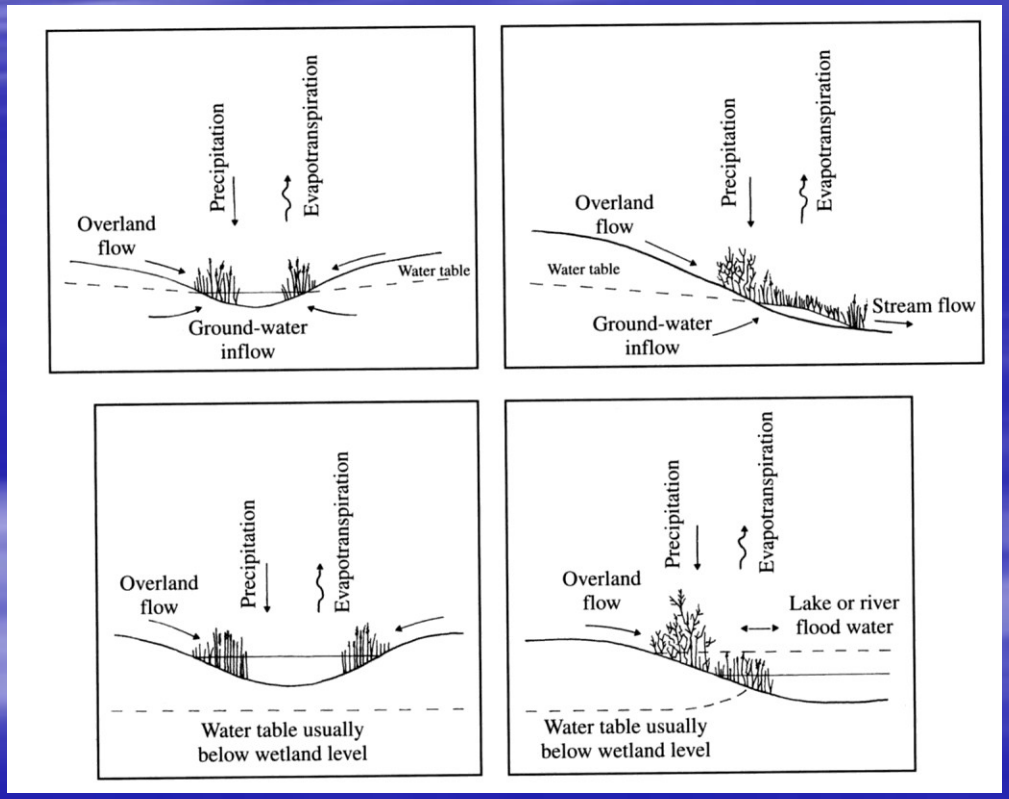
Nejvyšší POC, DOC a BDOC - vys. prim. prod.

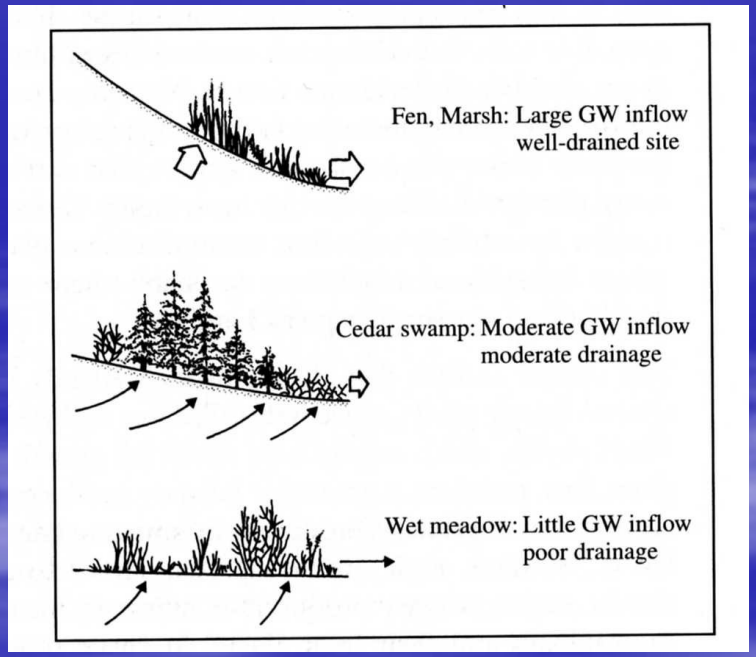
Nejvyšší podíl BDOC v DOC - anthropogenní vliv

Tůně - klasifikace

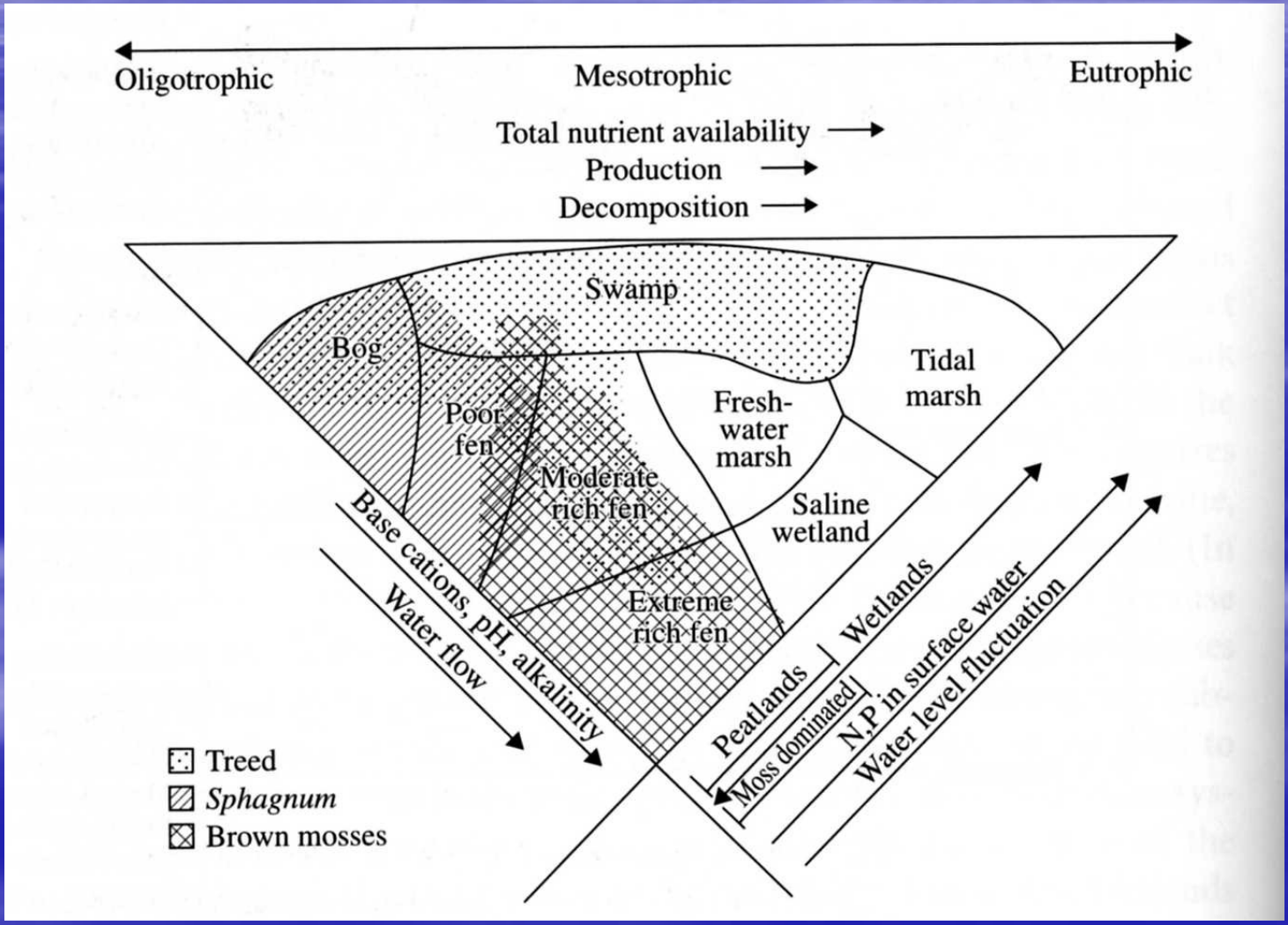
- Telmy
  - Fytotelmy – úžlabí listů (bromeliovité aj.)
  - Dendrotelmy – dutiny ve dřevě
  - Litotelmy – dutiny ve skalách
  - Pluviotelmy – kaluže, umělé nádrže,
- Většinou temporální (dočasné) jen ty větší jsou permanentní
- Specifická flora a fauna

Mokřady - wetlands

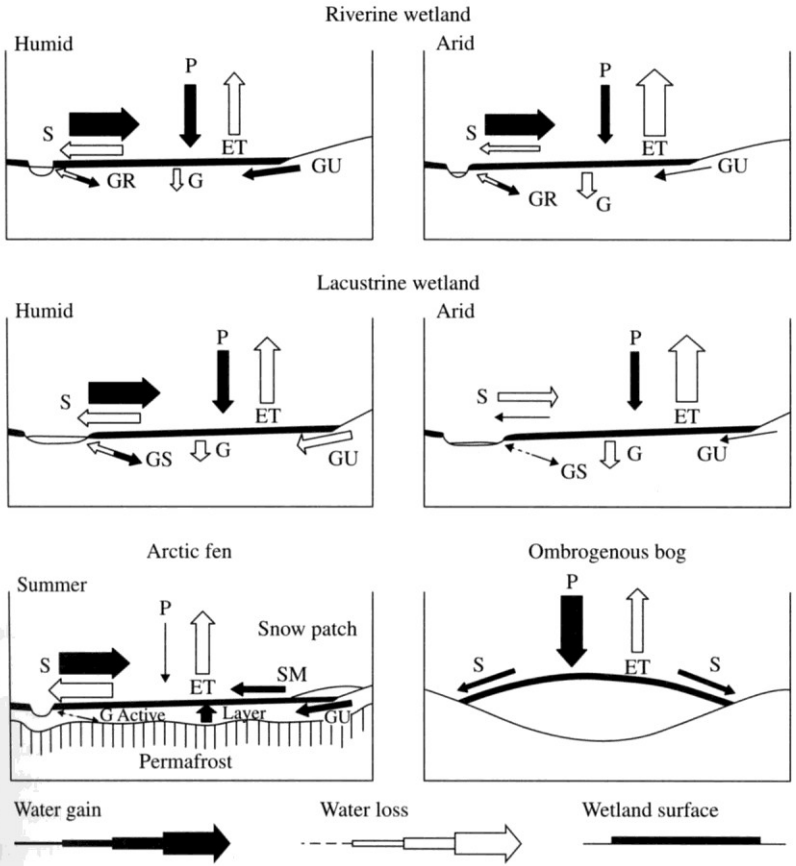




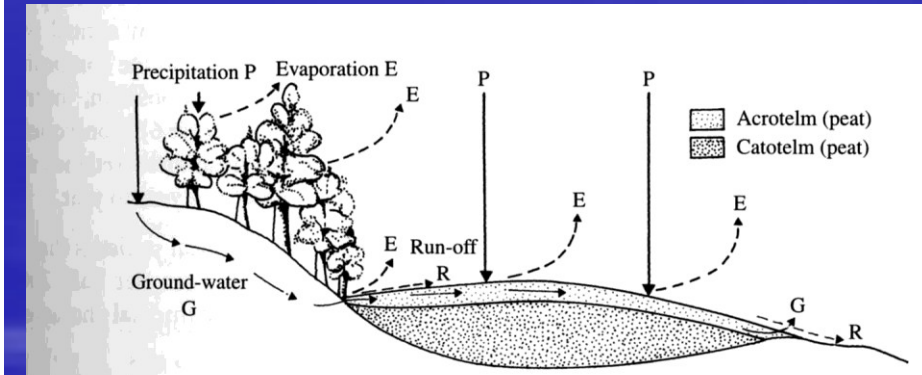
Typy mokřadů



Vodní režim mokřadů

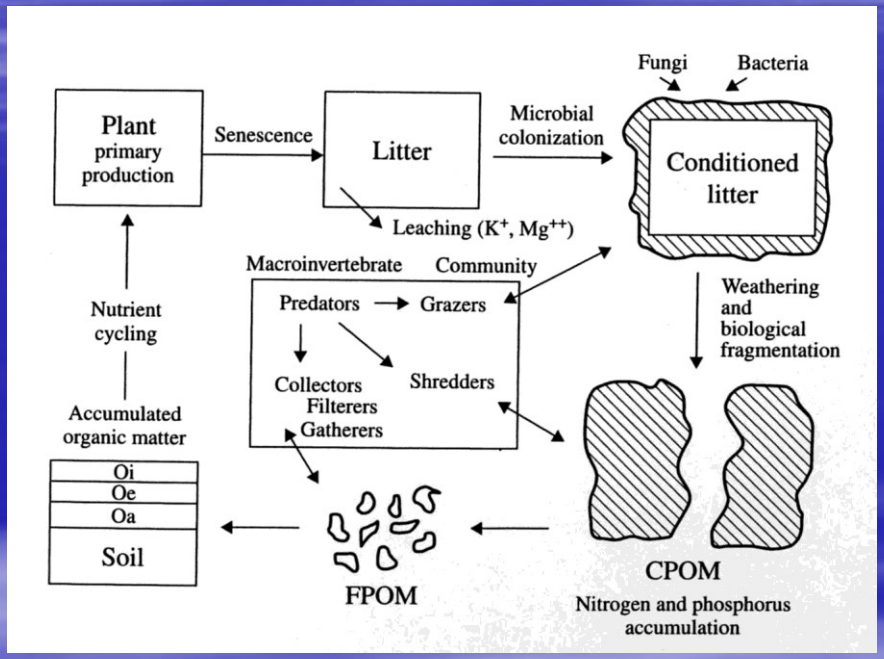


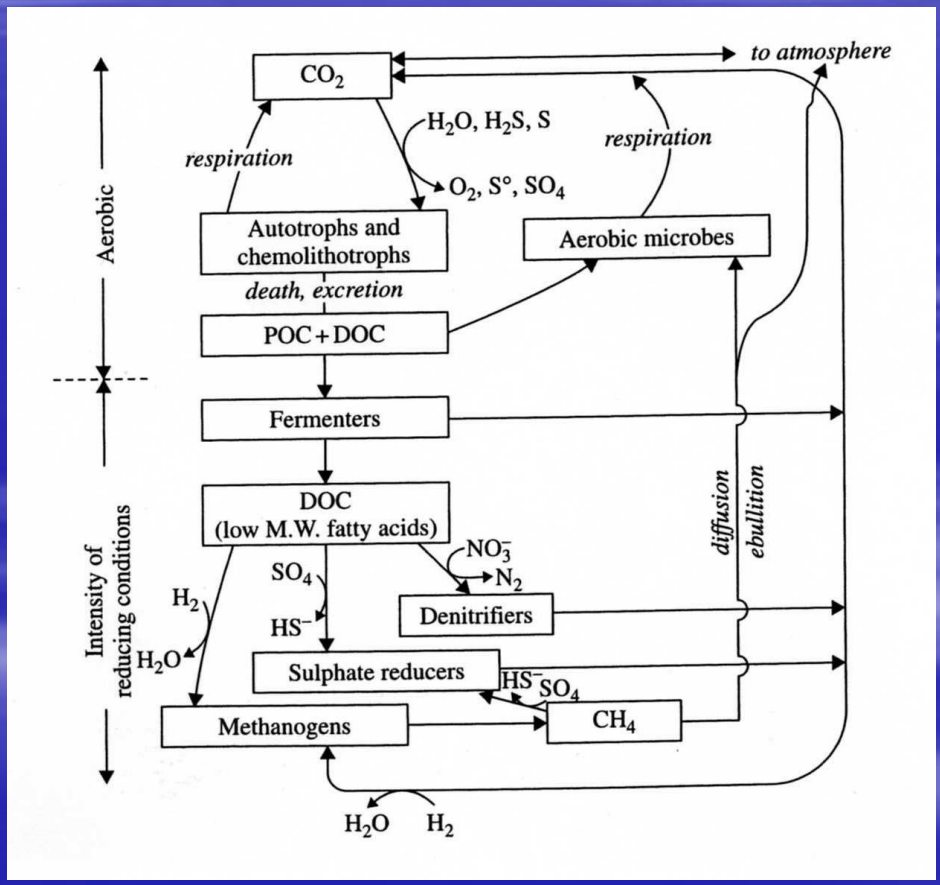
g. 2.7 Major inflows and outflows of water in riverine and lacustrine wetlands, arctic fens, and ombrogenous bogs. Precipitation (P), surface flows (S), groundwater flows (G), groundwater flow to or from rivers (GR), groundwater flows from uplands (GU), evapotranspiration (ET), surface flow (S), groundwater flows (G), and snowmelt (SM). (From Orme 1990.)



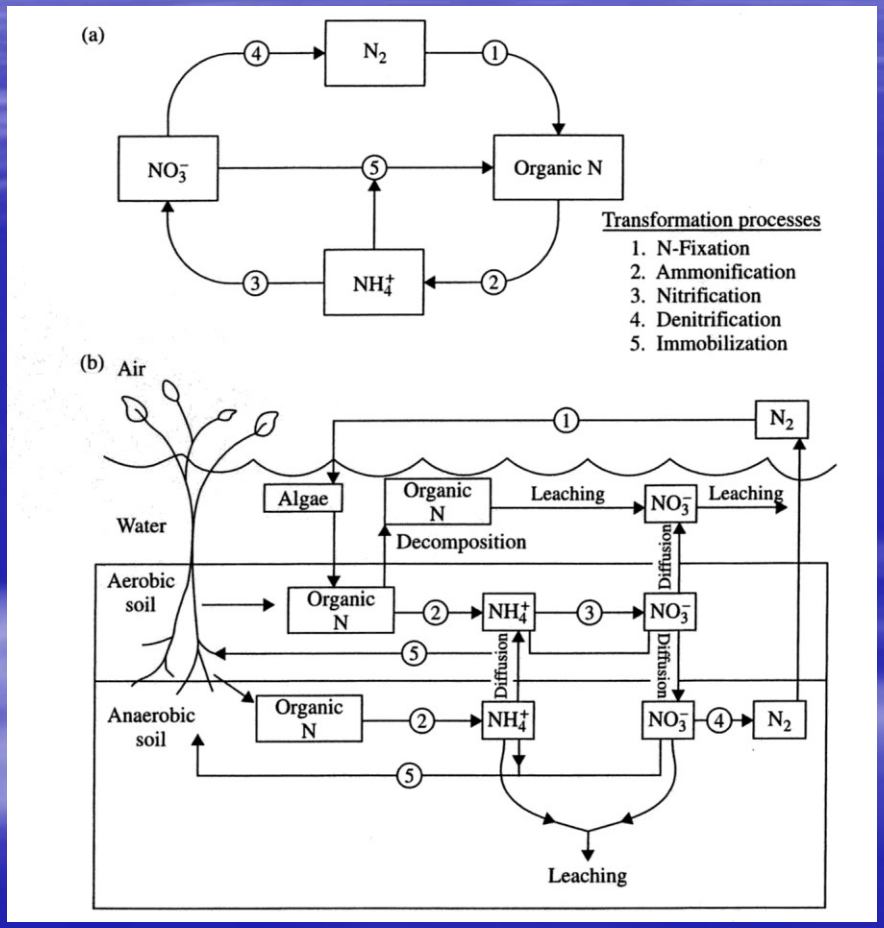
2.8 Main features of the hydrology of peatlands. In peatlands, the surface flow of water is often through the acrotelm, a layer of peat that is more porous than the denser layer of peat below, the catotelm. (Redrawn from Moore 1990.)

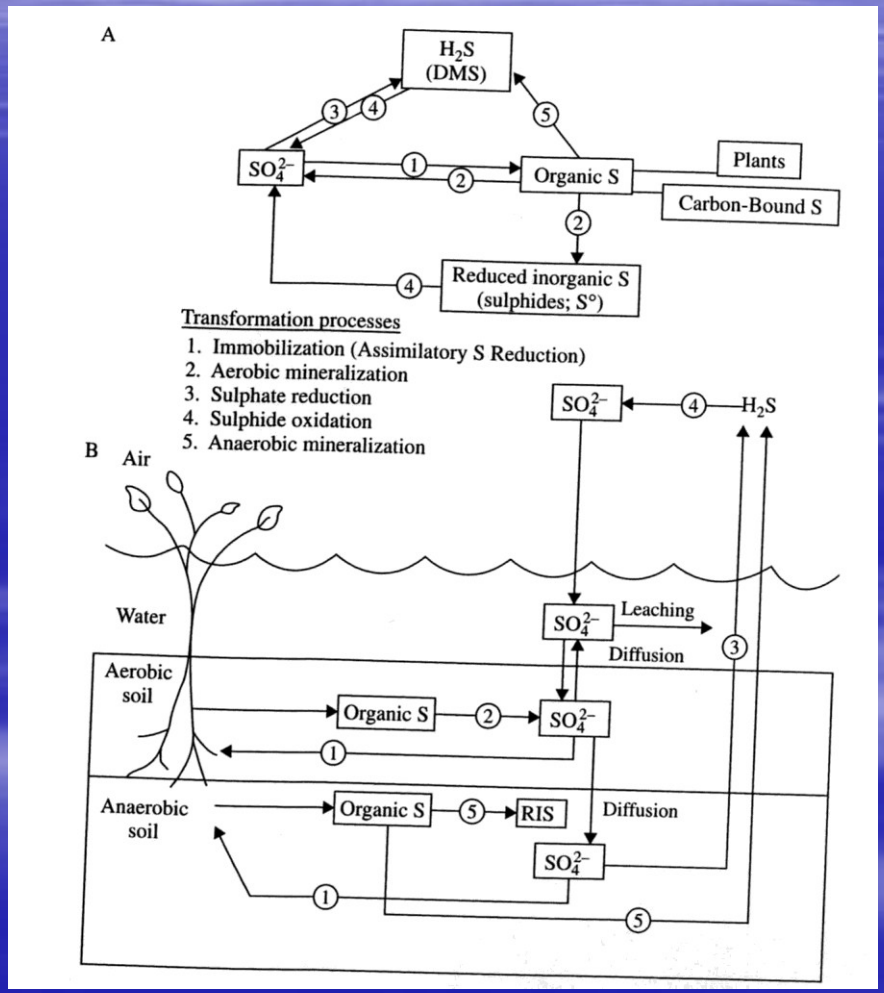
Rozklad org. Hmoty a koloběh uhlíku



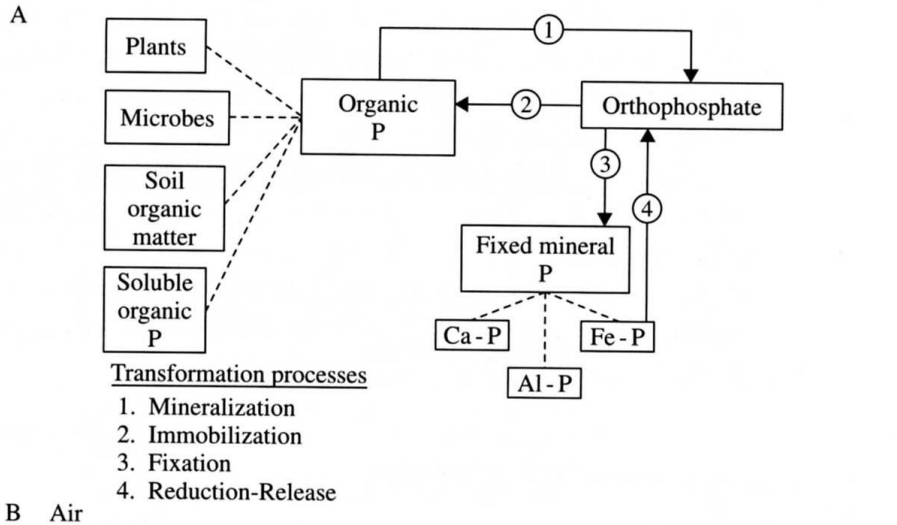


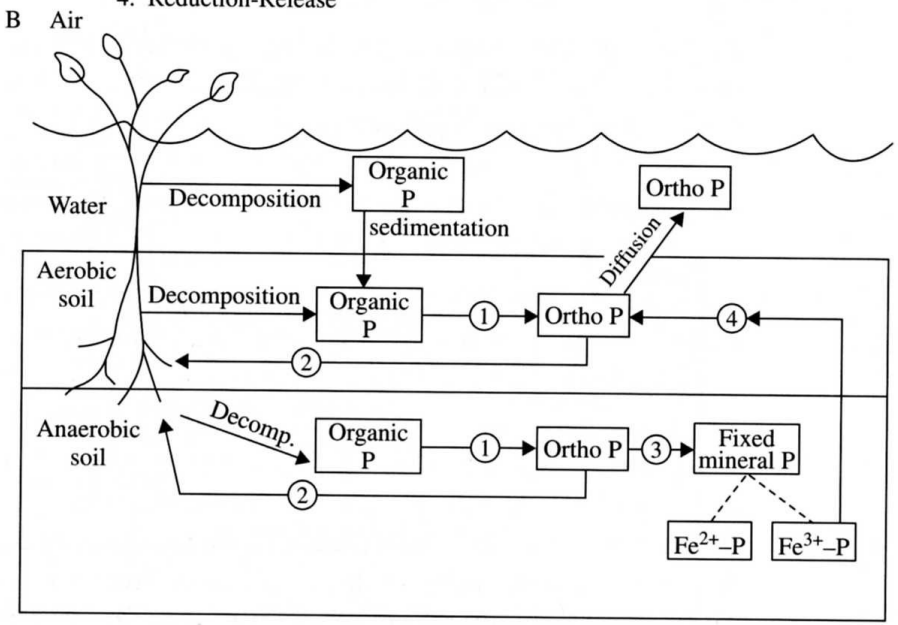
Koloběh dusíku a síry



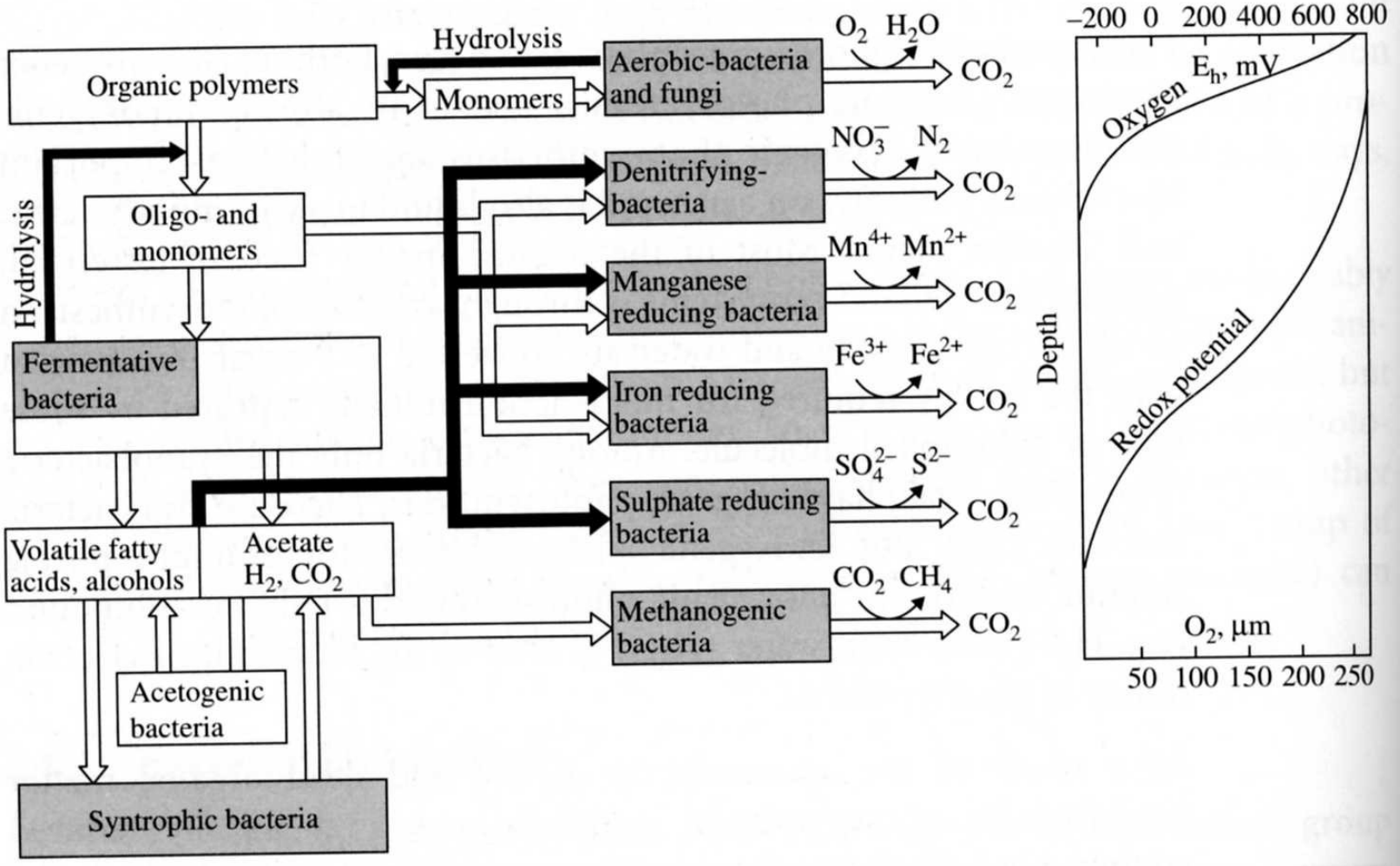


Koloběh fosforu

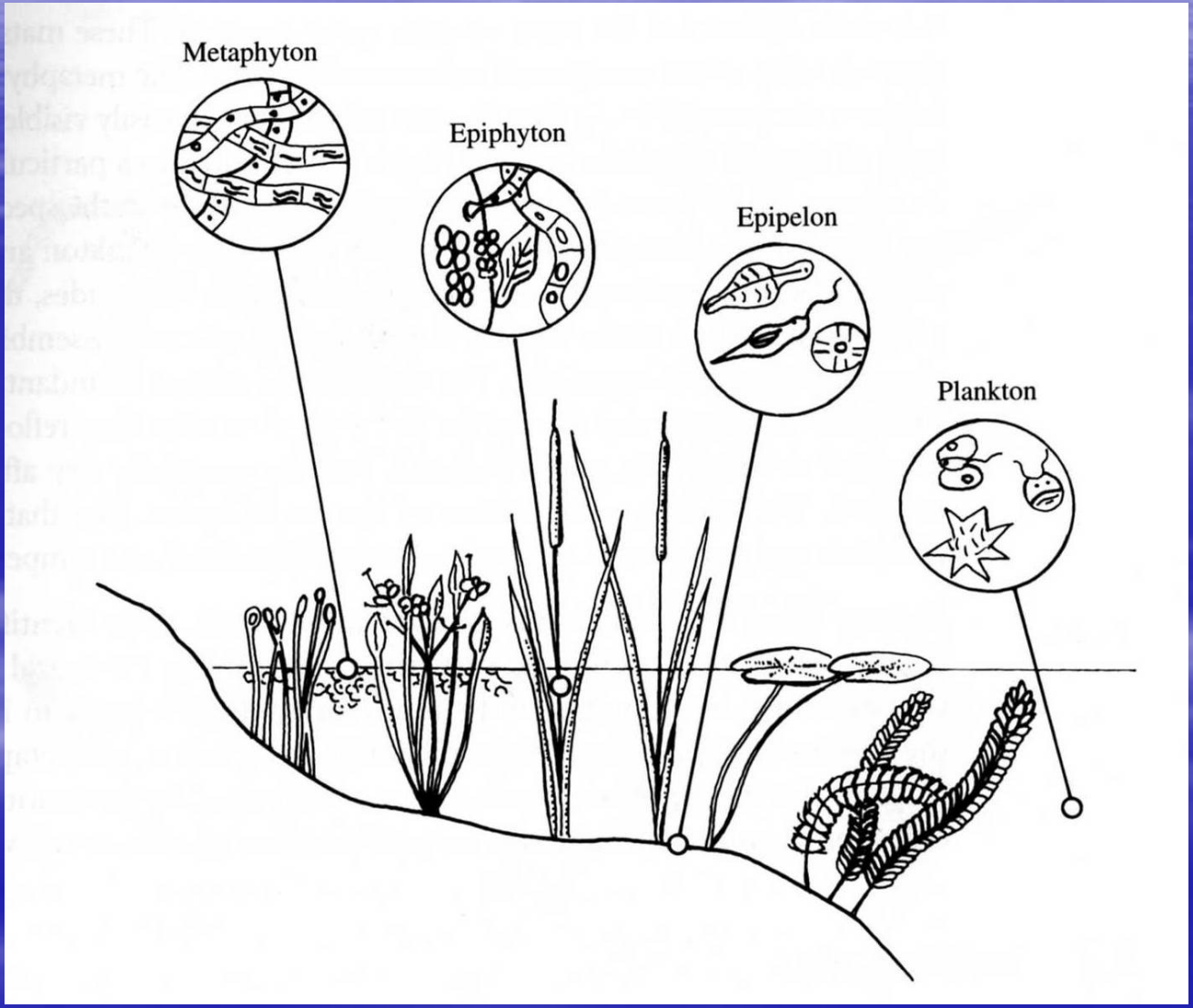




Biotické procesy - mikroorganismy



Ekologické skupiny



Potravní síť

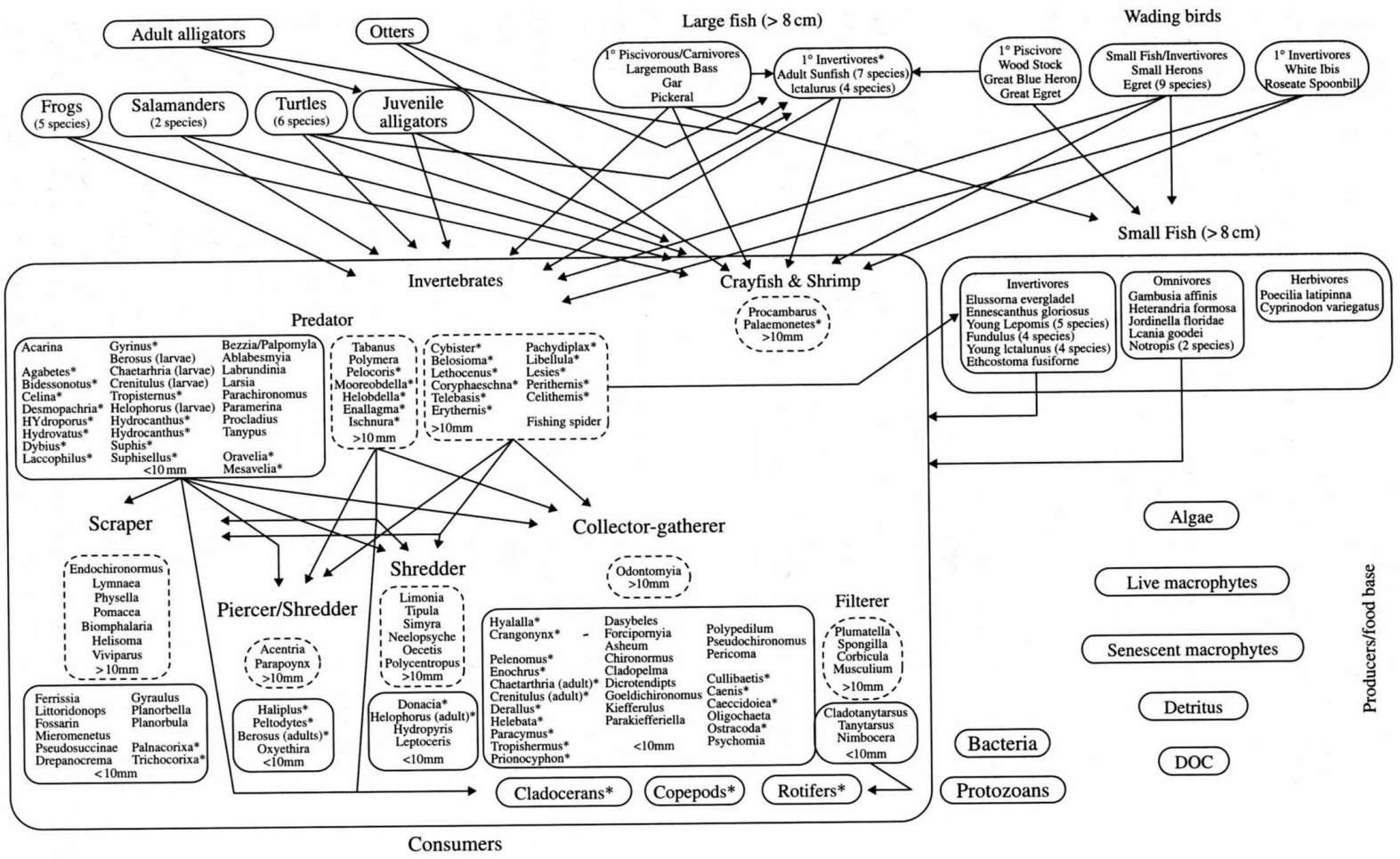


Fig. 6.10 A food web developed for the Florida Everglades. Vertebrate species are grouped by size and/or food preferences. Invertebrate species are grouped by how they obtain their food (collector-gatherer, shredder, scraper, piercer-shredder, filterer, predator). Invertebrates play a central role in this and all other wetland food web. (From Rader 1999.)