

Základy hydrobiologie II.

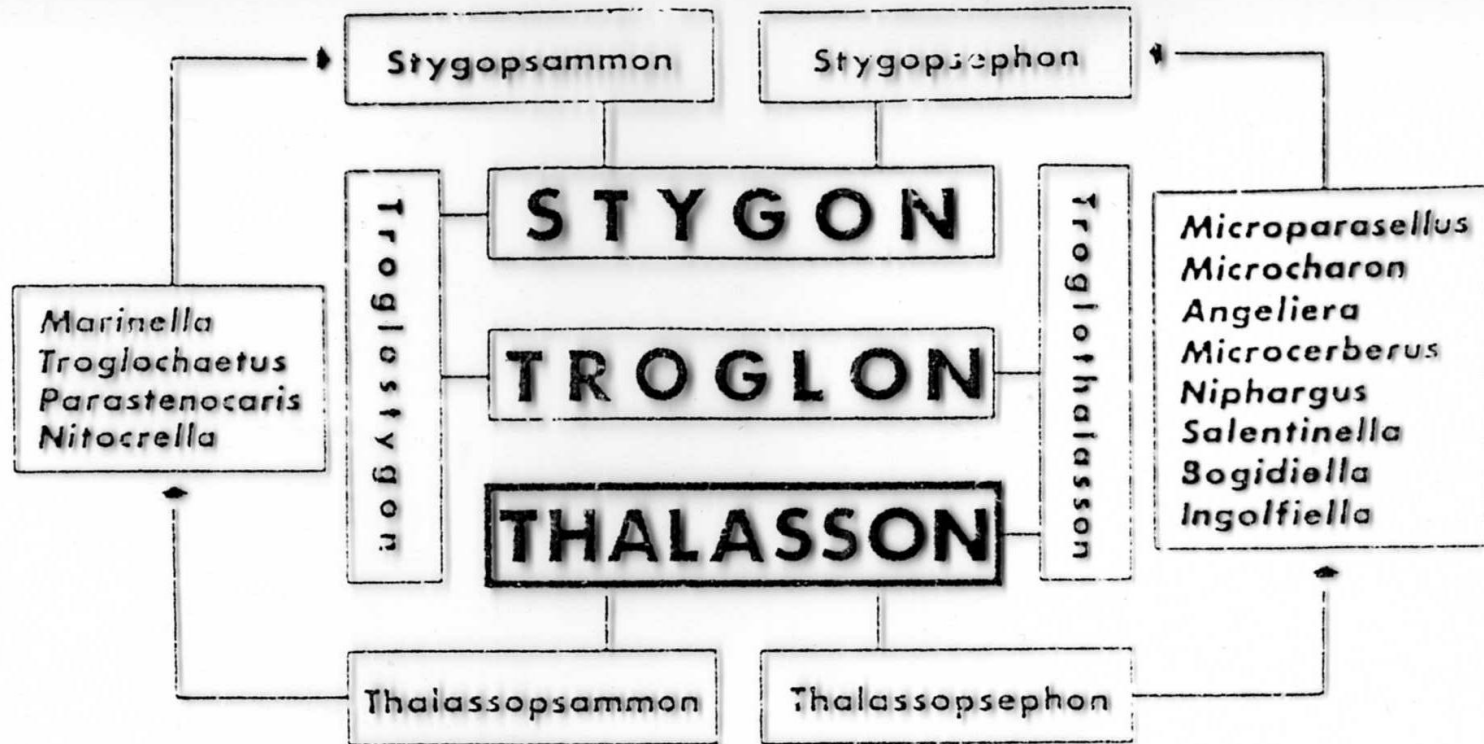
Ekosystémy – části ekosystémů

Jan Helešic

(Eko) Systémový přístup

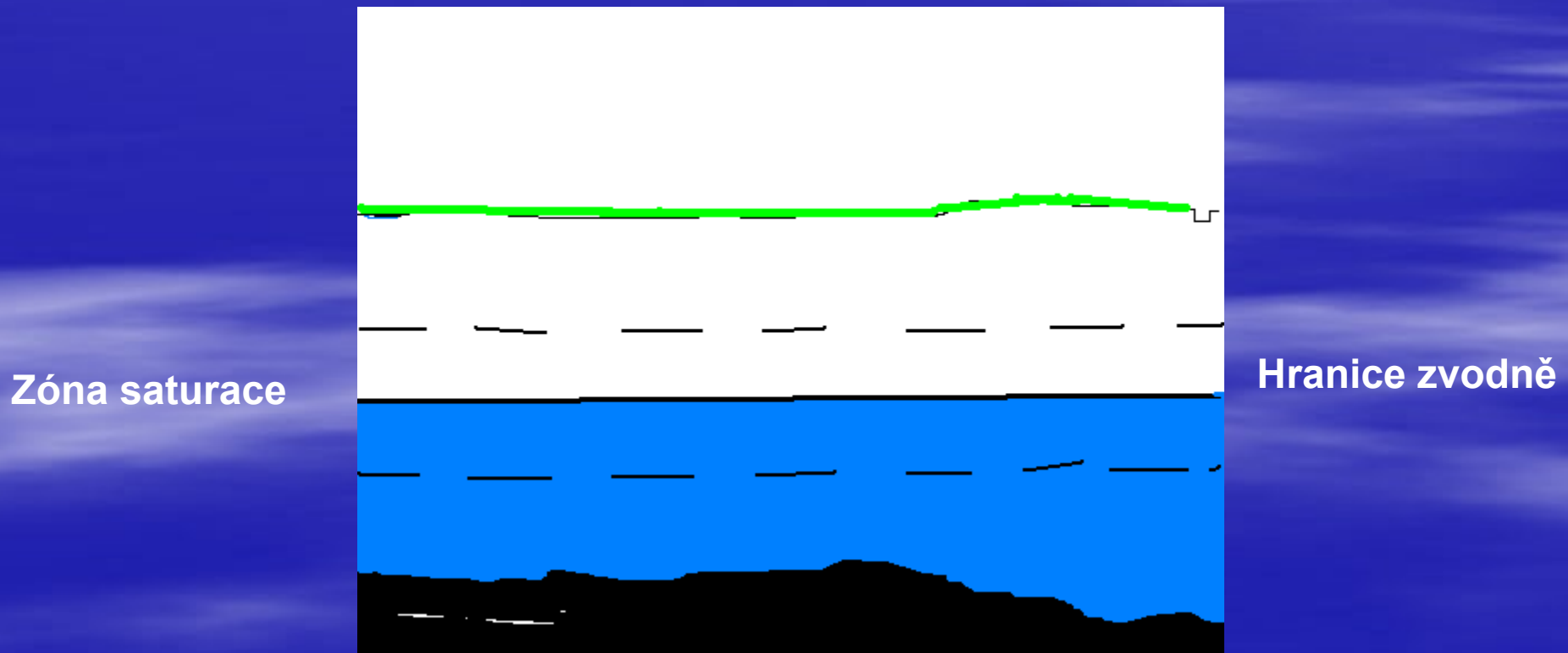
- Podzemní vody
 - Prameny
 - Hyporheal
- Tekoucí vody
- Stojaté vody
 - Jezera
 - Poříční tůně
 - Umělé nádrže
- Mokřady

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

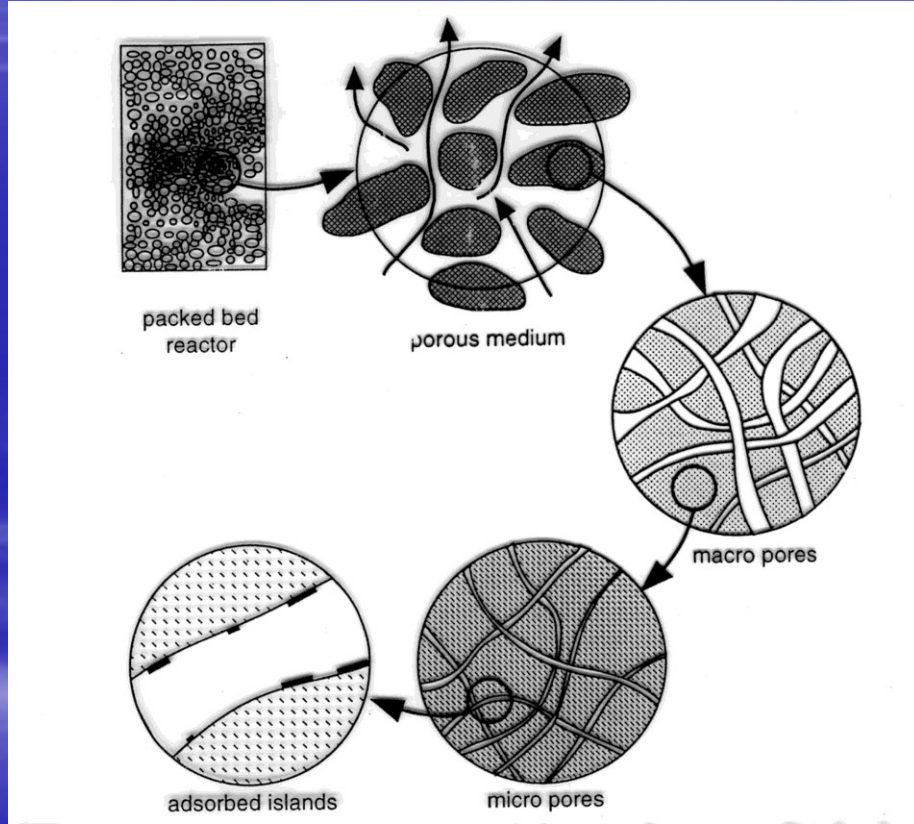
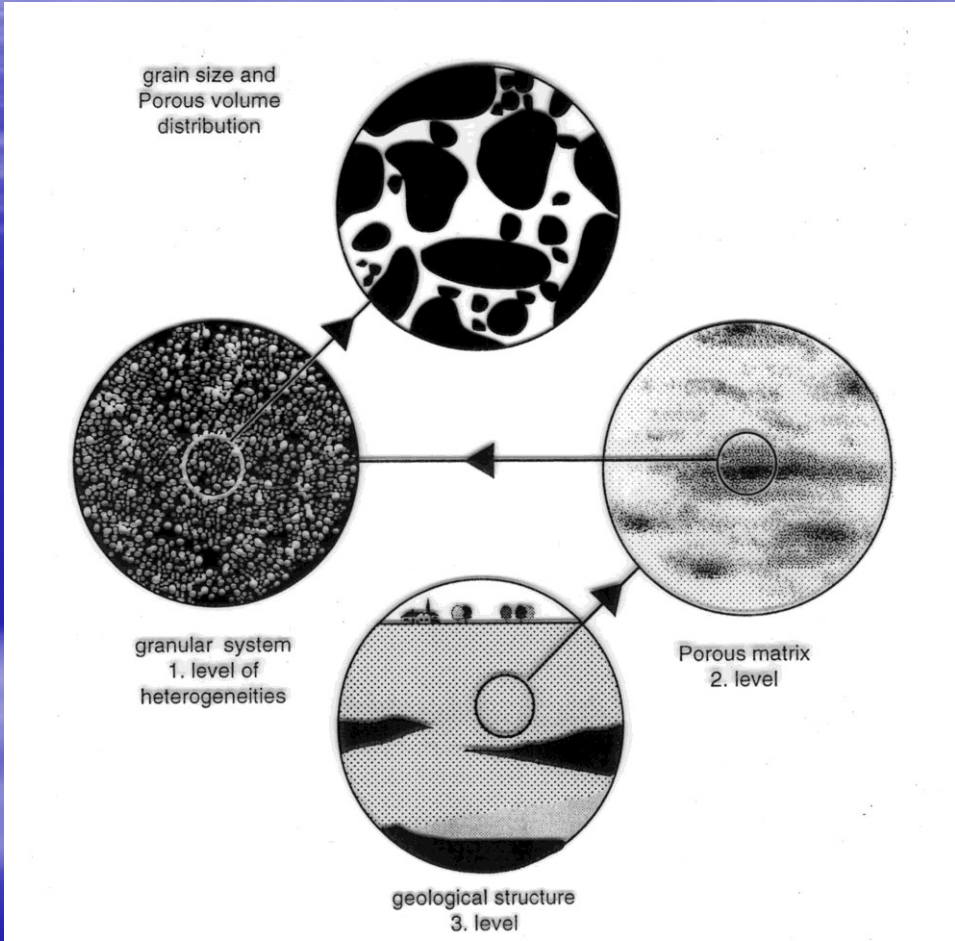


Podzemní vody – základní charakteristiky

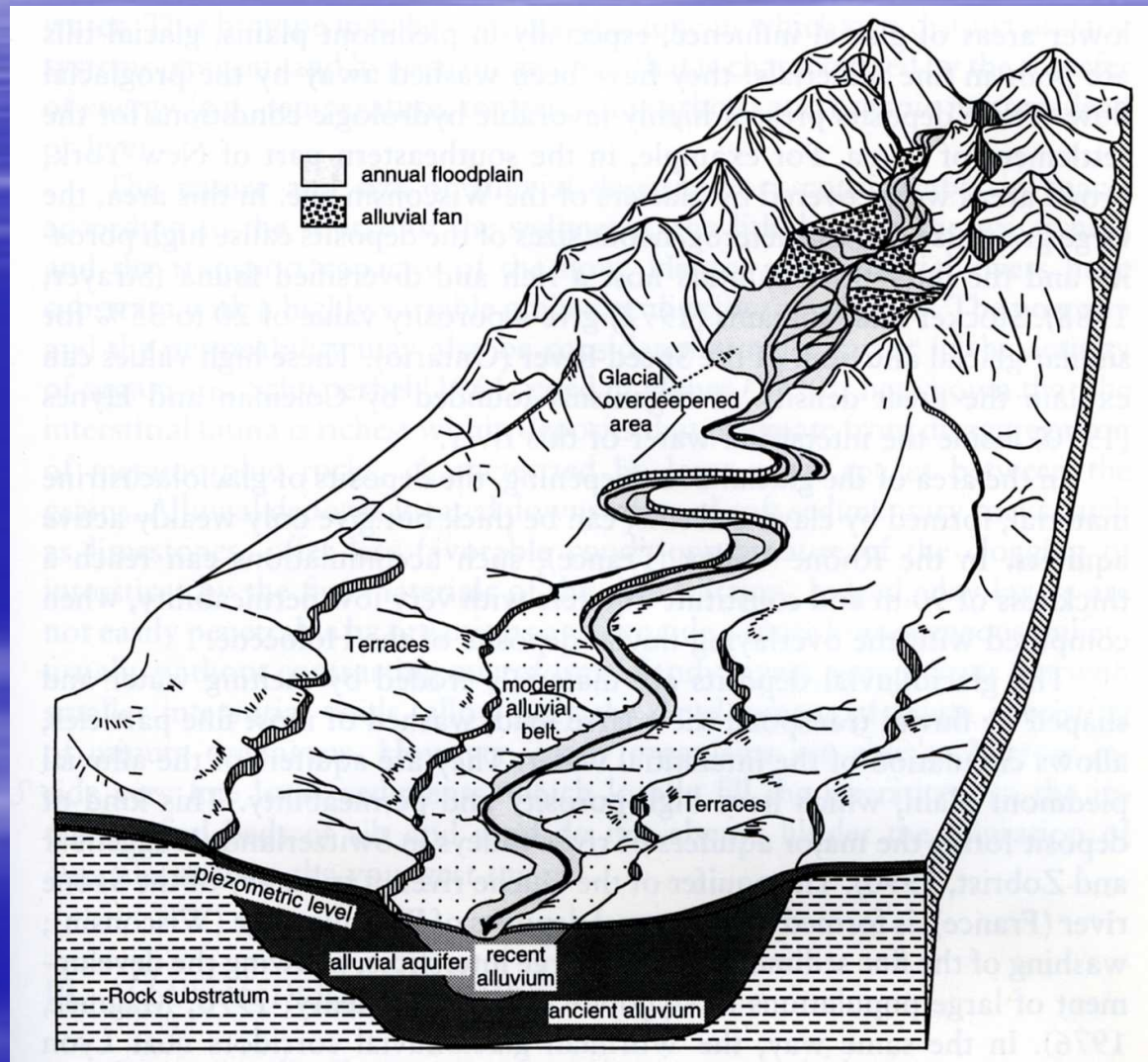
- Zvodeň – aquifer
- Zóna saturace



Průlinové a puklinové prostředí



Kvartérní sedimenty – aluvia řek



Krasové systémy

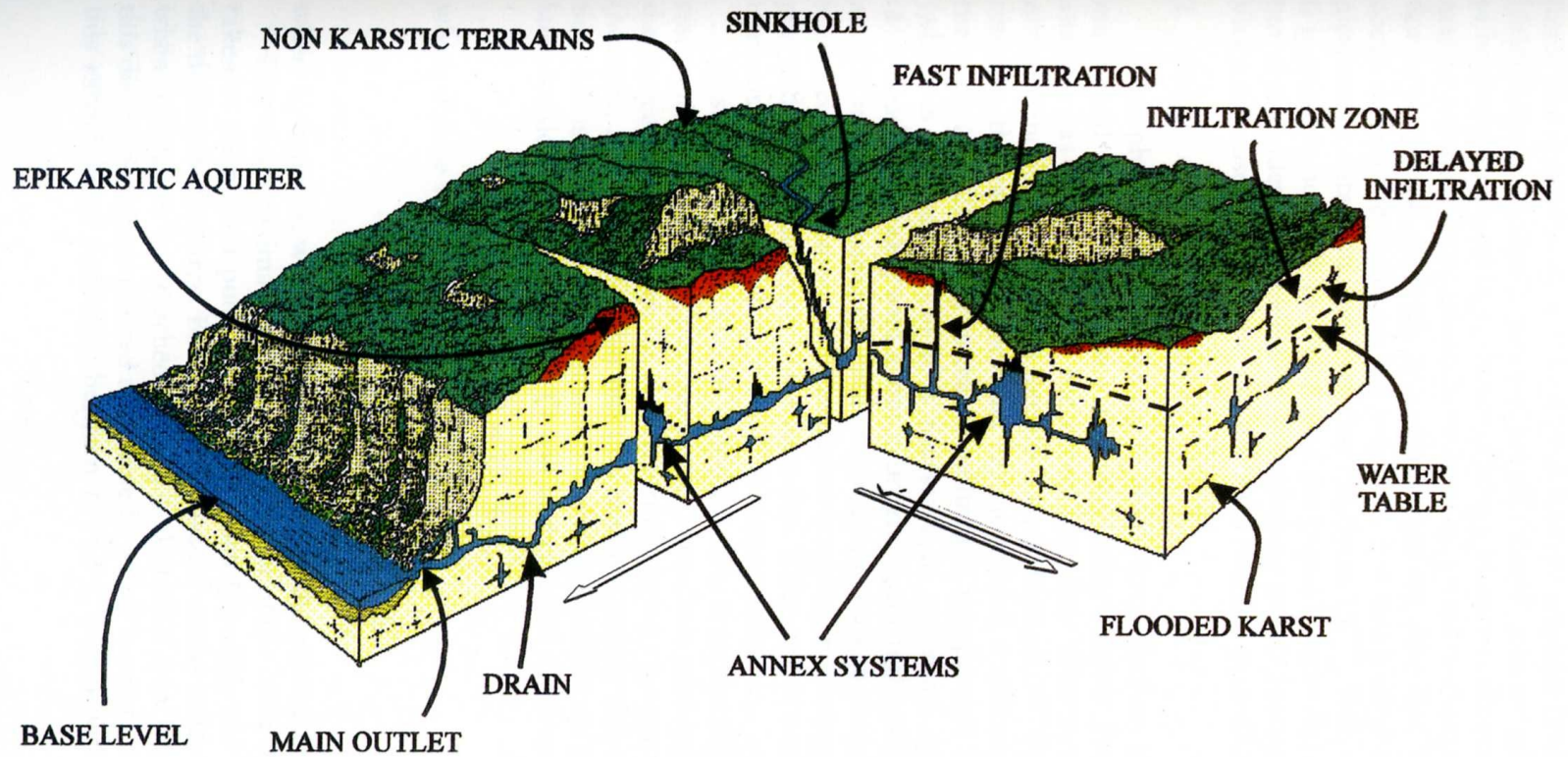
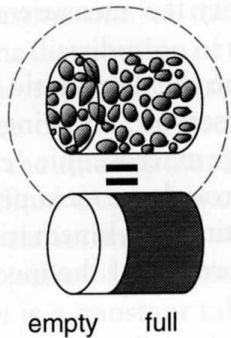
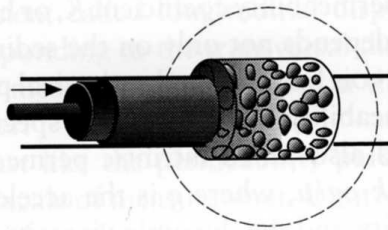


FIGURE 5 Representation of a karstic system.

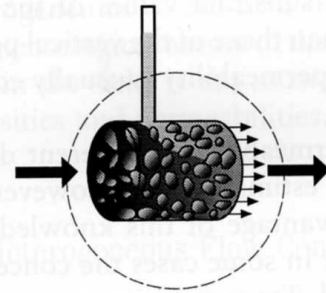
Porosita, permeabilita, dispersivita, koeficient infiltrace



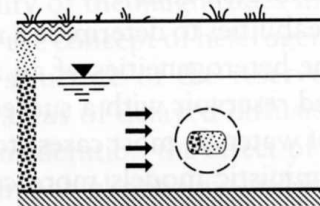
POROSITY, necessary
"to determine the available **volume**
for the water between the grains"
(defines the **content** of the
reservoir)



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)

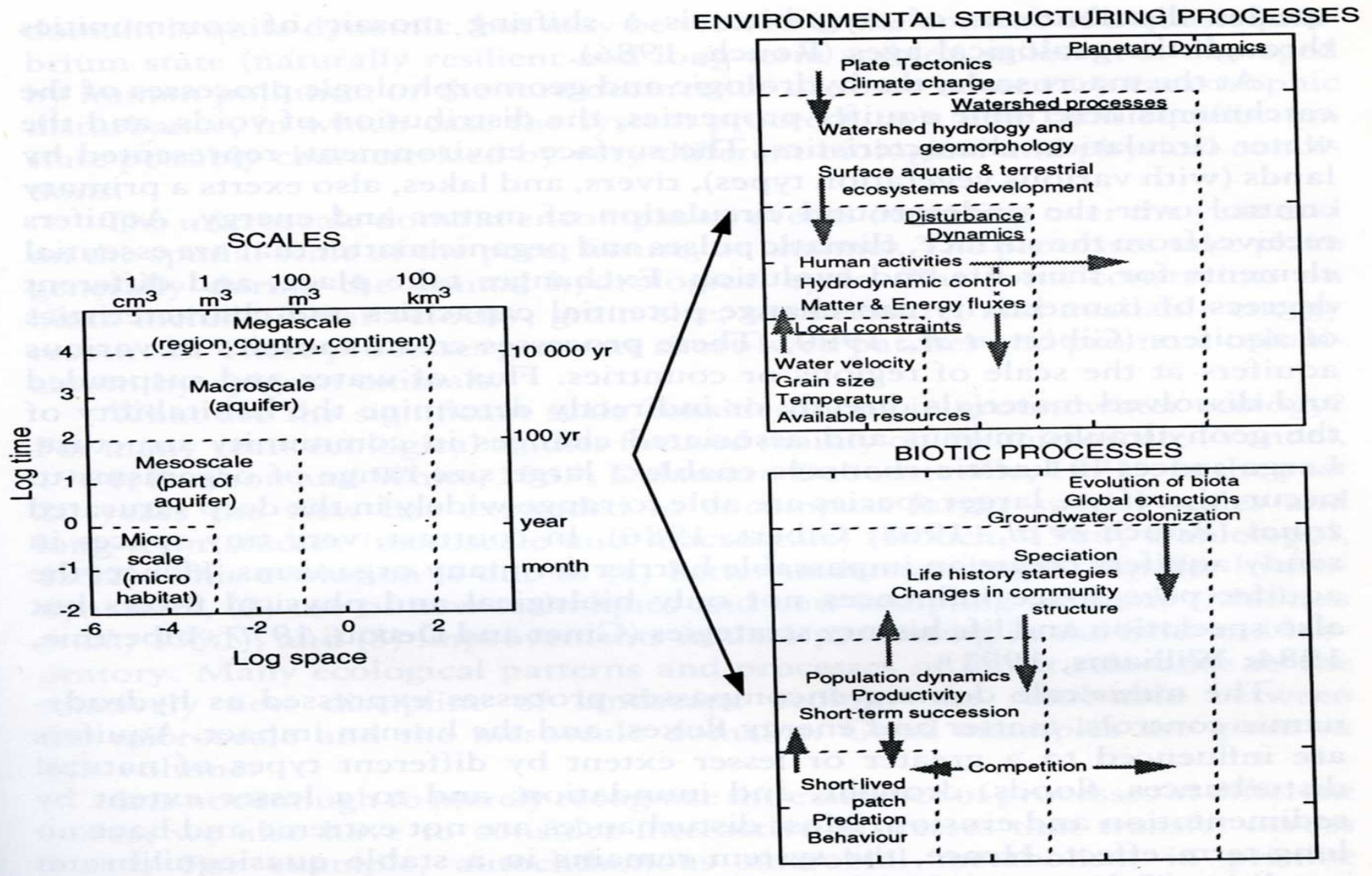


THE AQUIFER : a "filter"
(porous medium) ?

THE UNDERGROUND WATER :
a transport "vector"

Rychlosti proudění: mm/s až cm/s. Průtok: ml – l/s, krasové systémy m³/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 stálé 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

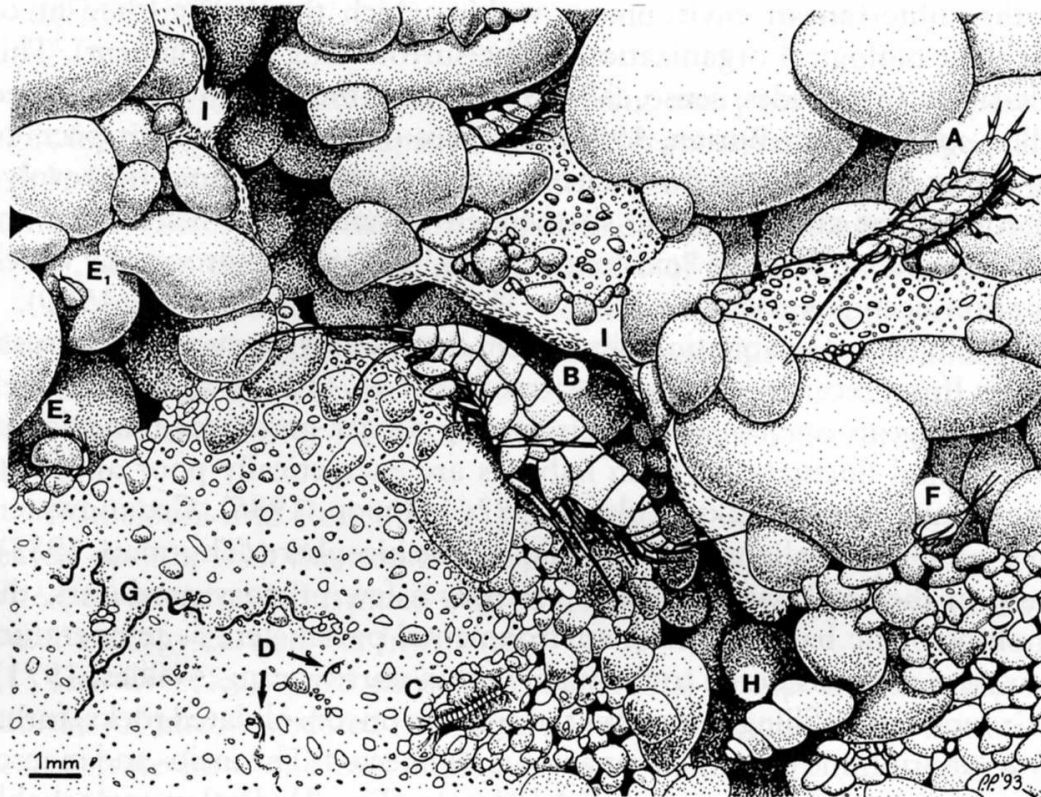
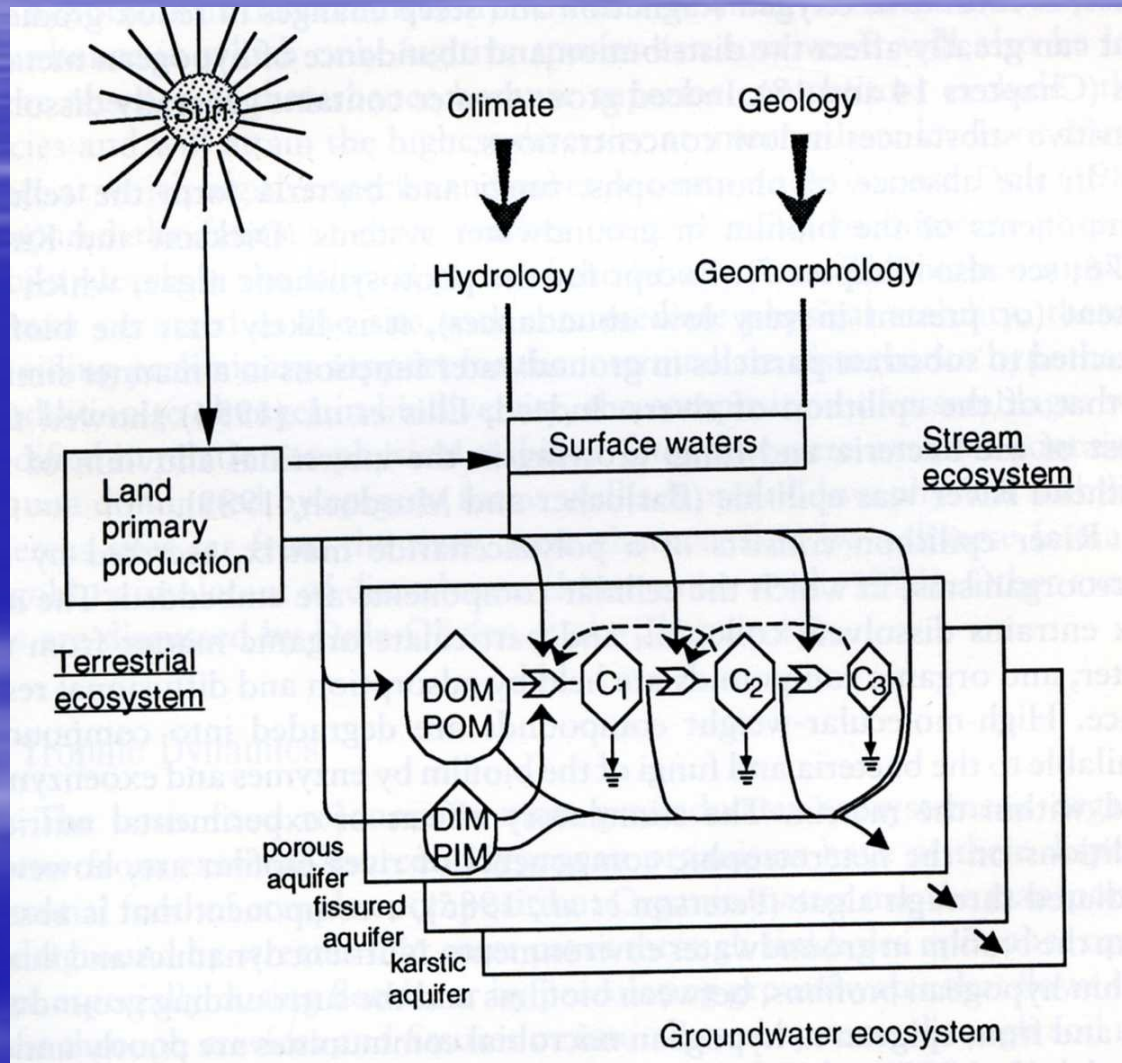


FIGURE 1 The interstitial habitat and some of the subterranean-dwelling organisms. Diagram composed, mainly, after video pictures taken in the Lobau miniaquifer. A, *Proasellus slavus* (Isopoda); B, *Niphargus* sp. (Amphipoda); C, *Bathynella* sp. (Syncarida); D, *Parastenocaris* sp. (Copepoda, Harpacticoida); E₁, E₂, *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

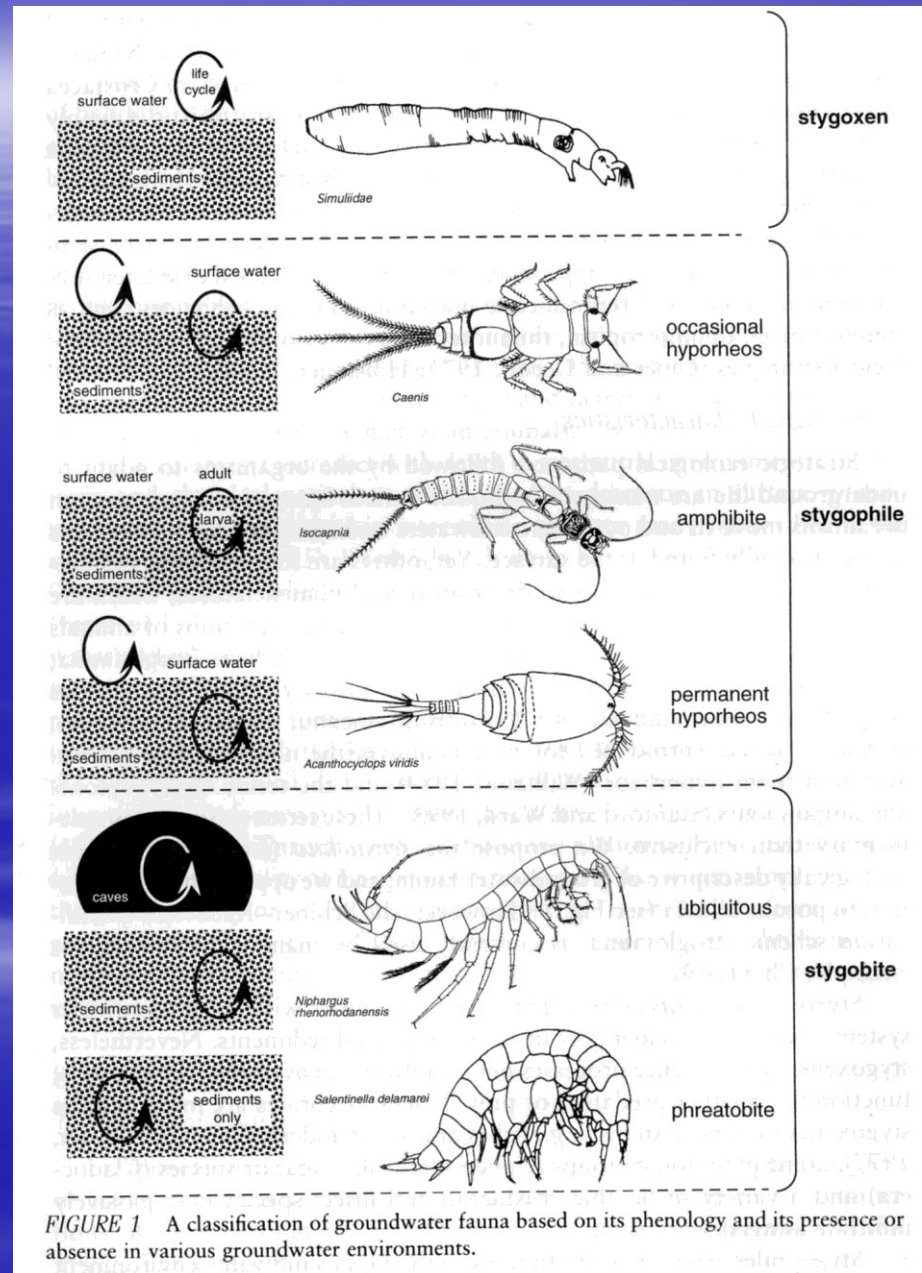
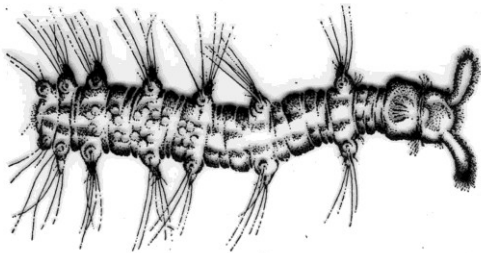
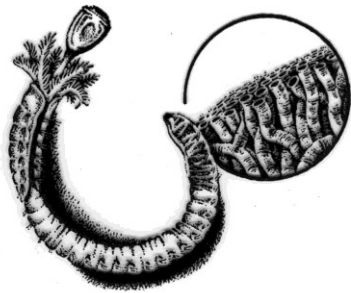


FIGURE 1 A classification of groundwater fauna based on its phenology and its presence or absence in various groundwater environments.

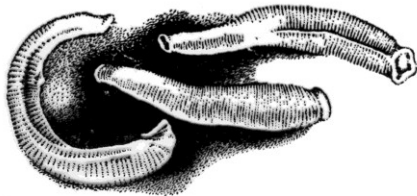
Stygo-phreatobionti



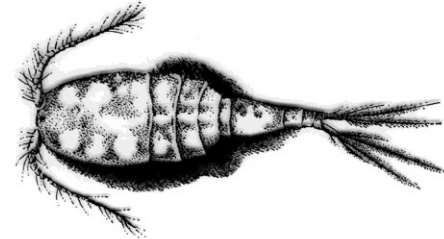
Troglochaetus beraneckii, vzácný případ mnohoštětinatého červa, který v třetihorách přešel z moří do podzemních vod. Žije i v Československu



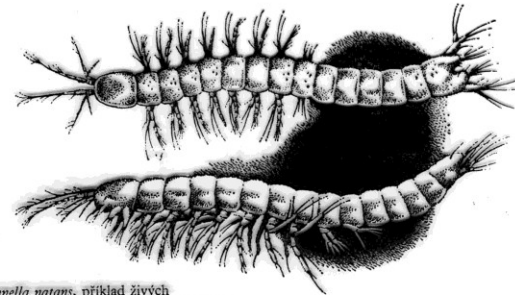
Marifugia cavarica, mnohoštětinátec z jeskyní dinárského krasu. V kroužku vápenaté schránky, v nichž červ žije



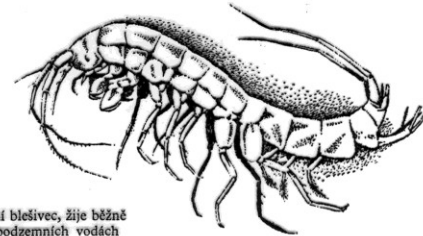
Dina absoloni, podzemní pijavice z dinárského krasu



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

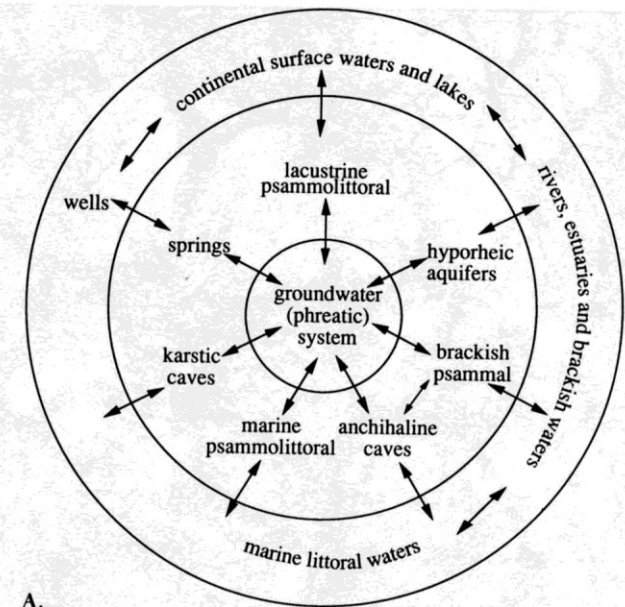


Bathynella natans, příklad živých zkamenělin, jejichž starobylost je zřejmá

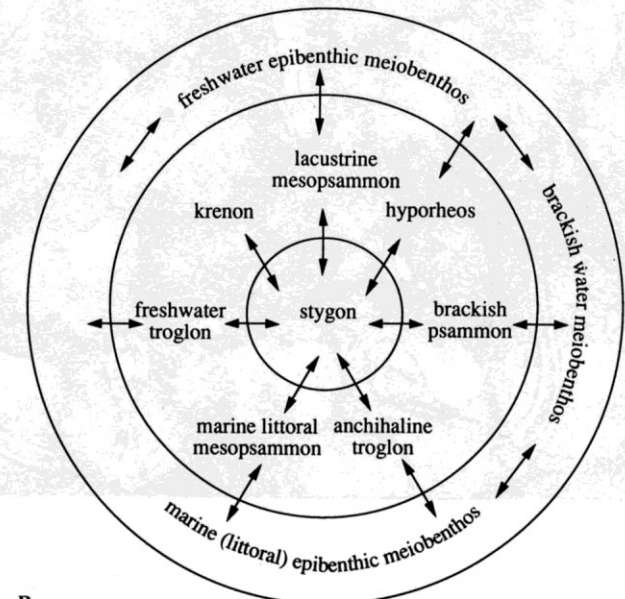


Niphargus, studniční blešivec, žije běžně v našich různých podzemních vodách

Komunikace s okolními systémy – biotopy (habitaty)



A.

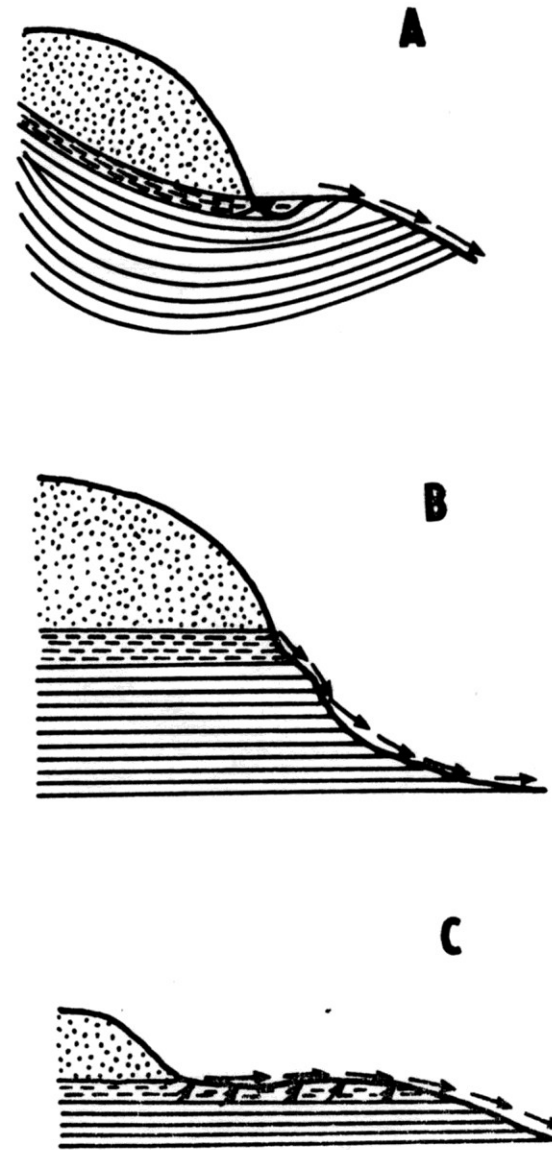


B.

Prameny – krenon (al)

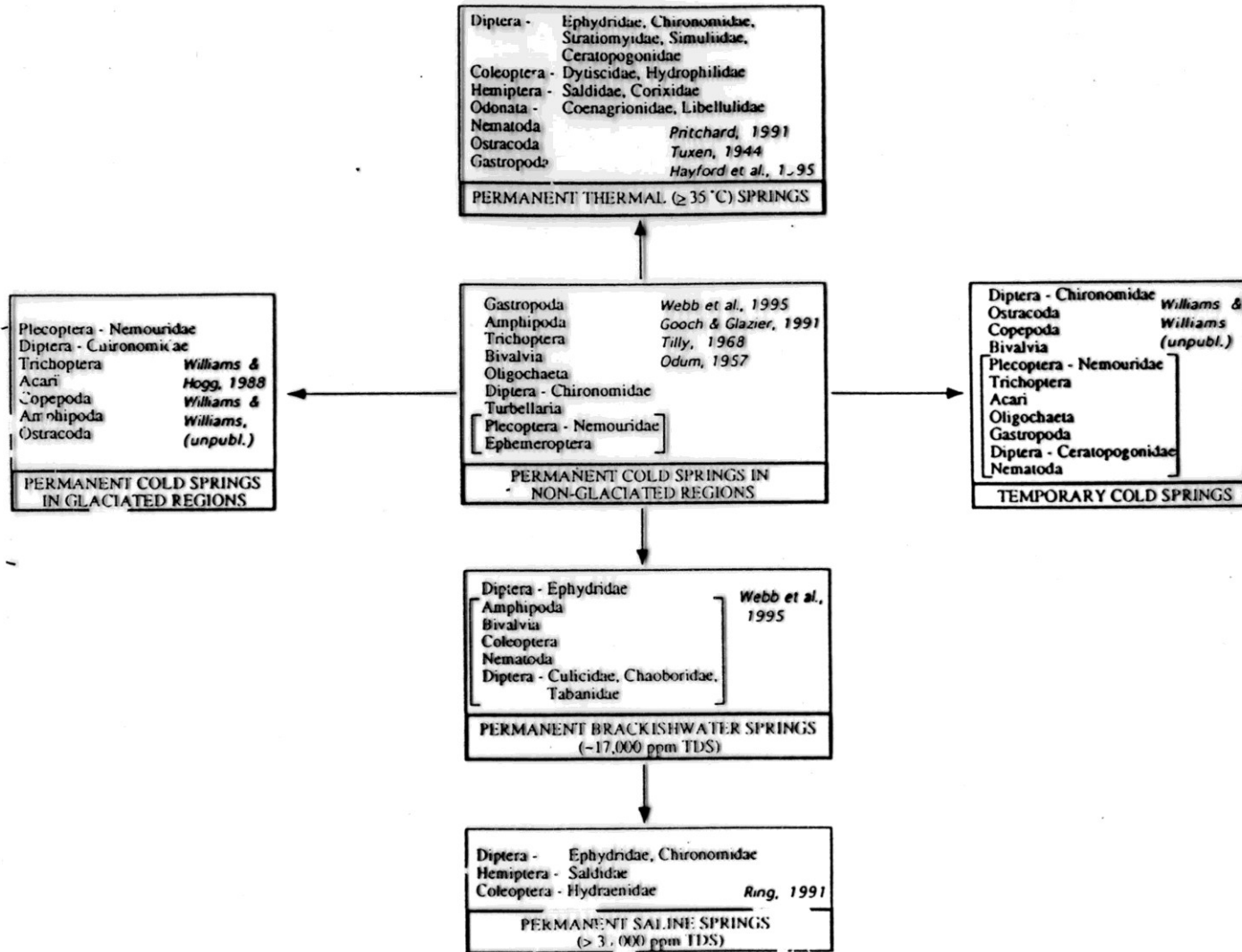
Historická klasifikace

Limnokrén – studánka
Rheokrén – přímý vývěr
Helokrén – pramenný mokřad

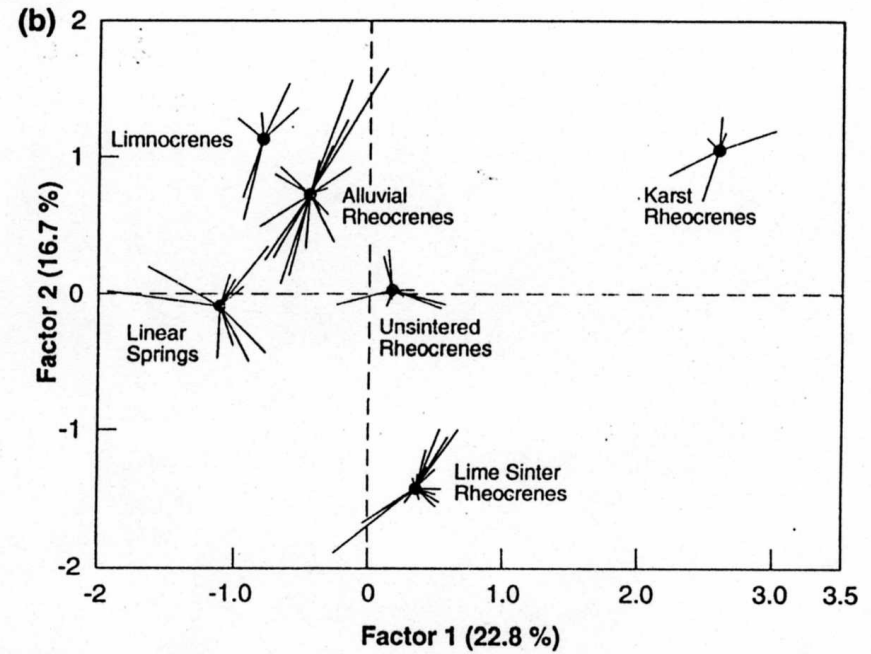
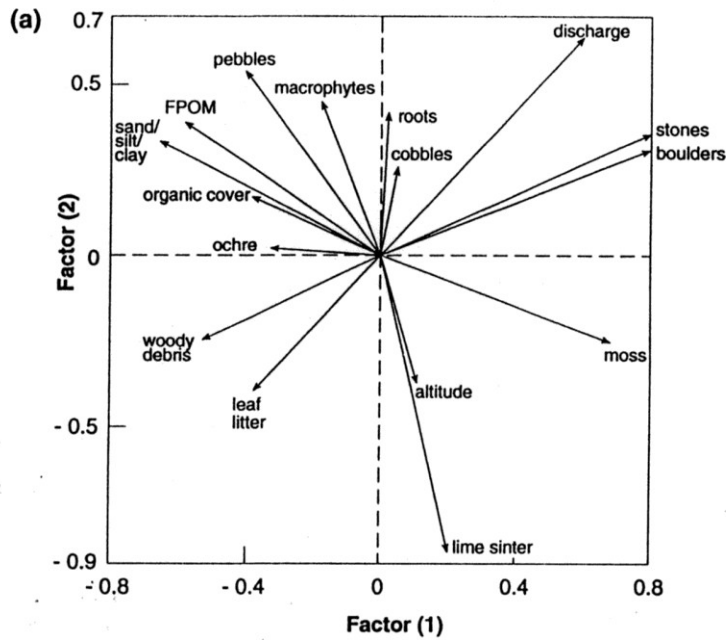


Obr.12.
Schématické znázornění základních typů pramenů.
A = Limnokrén, B = Rheokrén, C = Helokrén.
Propustné vrstvy tečkovaně, zvodnělé čárkovaně,
nepropustné plně (Ex PAVLOVSKIJ a ŽADIN)

Současná klasifikace



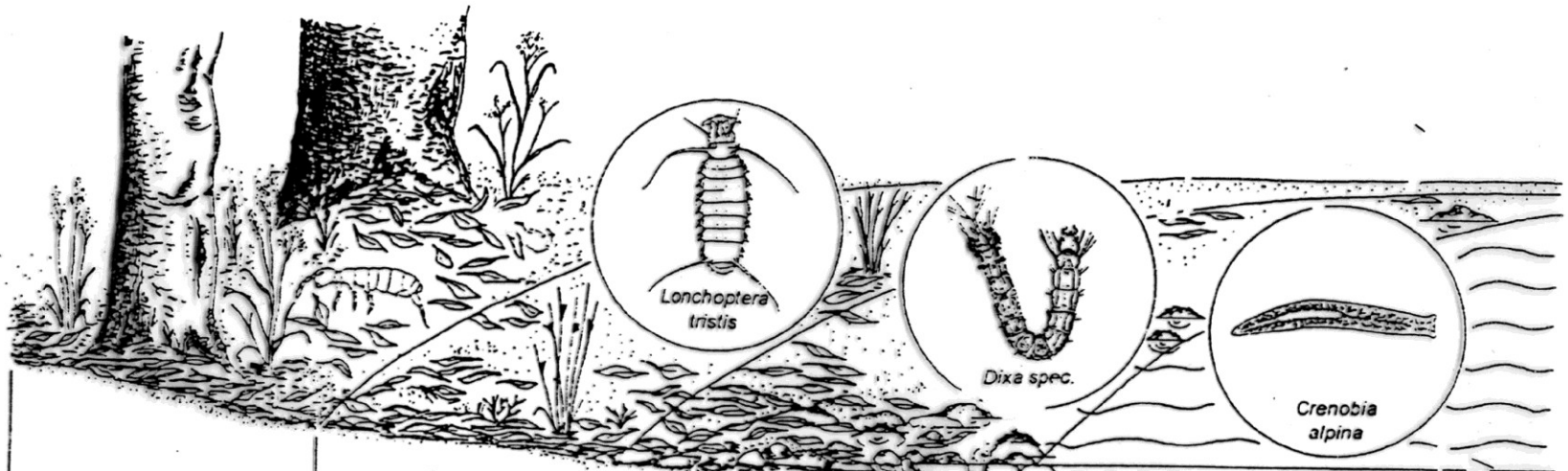
Oprávněnost klasifikací



Základní charakteristiky

- Přejímová 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
- Občasné a pravidelné výskyt stygobiontů a stygofilů

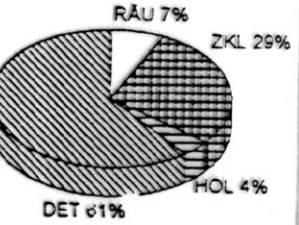
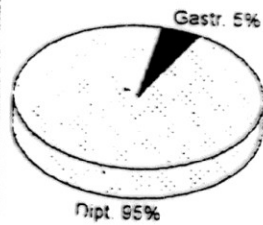
Habitaty prameništ'



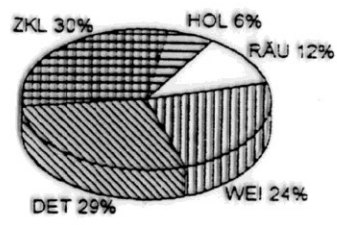
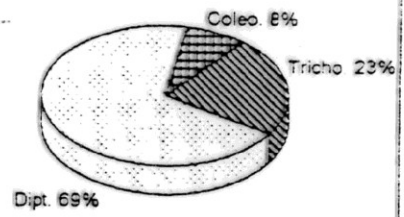
nicht repräsentativ
erfaßt

?

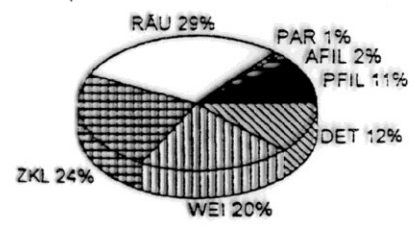
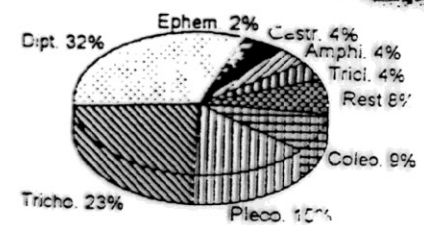
terrestrisch-hygrophile Fauna



liminarische Fauna

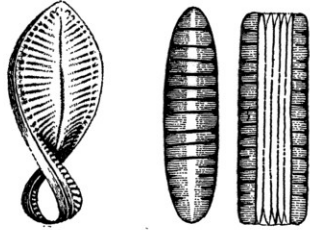


hygropetrische Fauna



Quellfauna

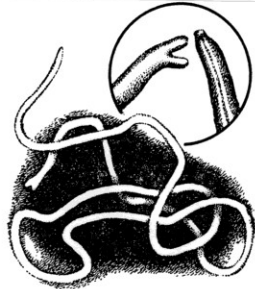
Organismy pramenišť



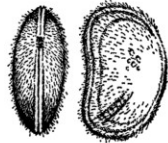
Surirella spiralis a *Diatoma hiemale*,
typické rozsivky studených pramenů



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



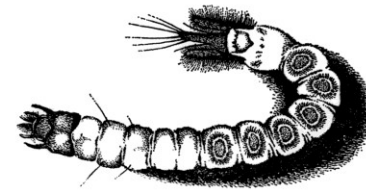
Dospělí strunovci žijí velmi často
v pramenech. V kroužku zvětšený zadní
a přední konec těla



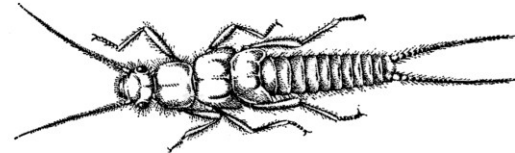
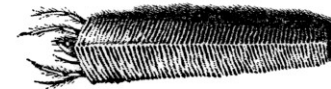
Ilyodromus olivaceus, koryš lasturnatka
z našich pramenných vod



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



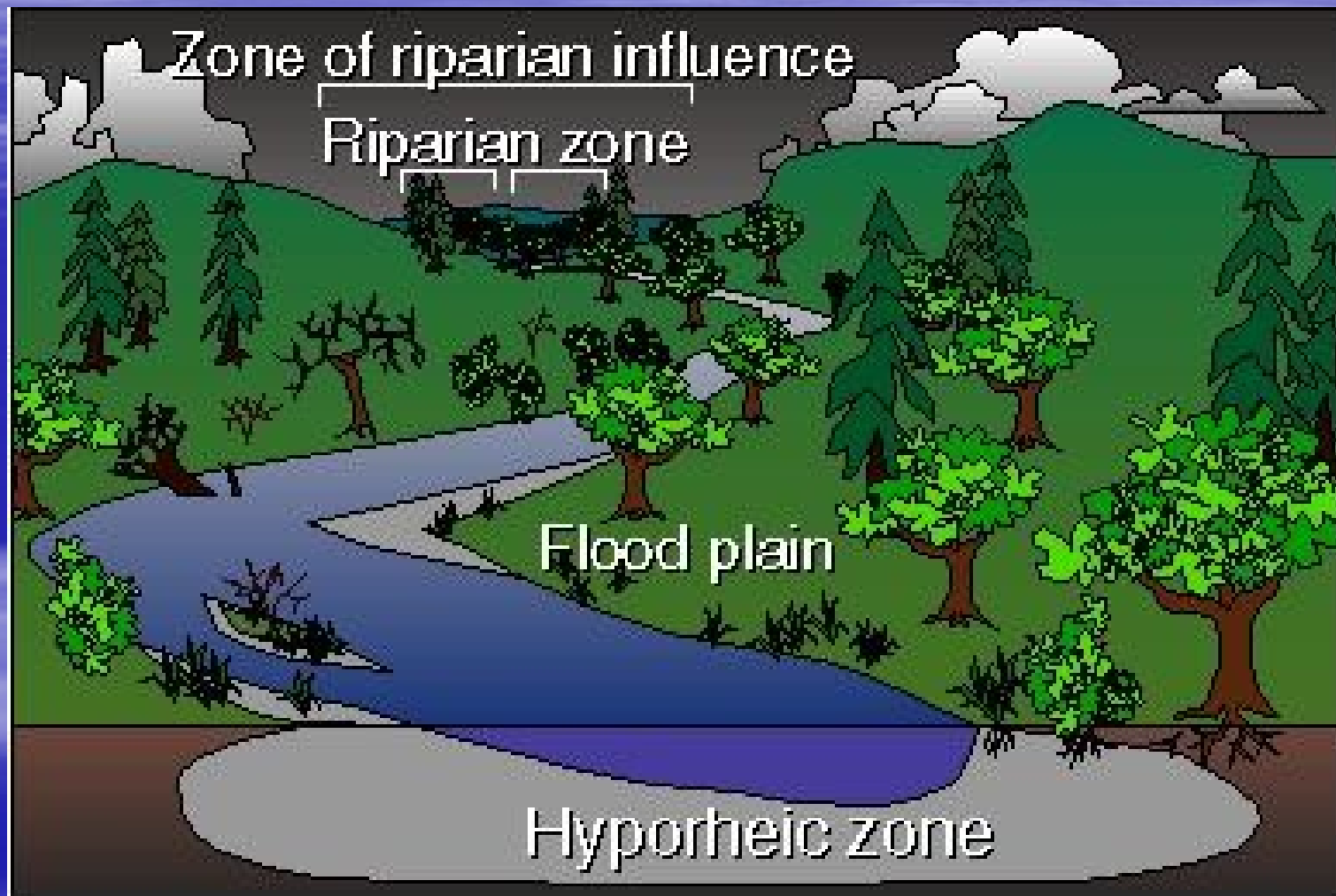
Larva komárce rodu *Dixa* z helokrenních
pramenů



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

Hyporheal – podříční vody

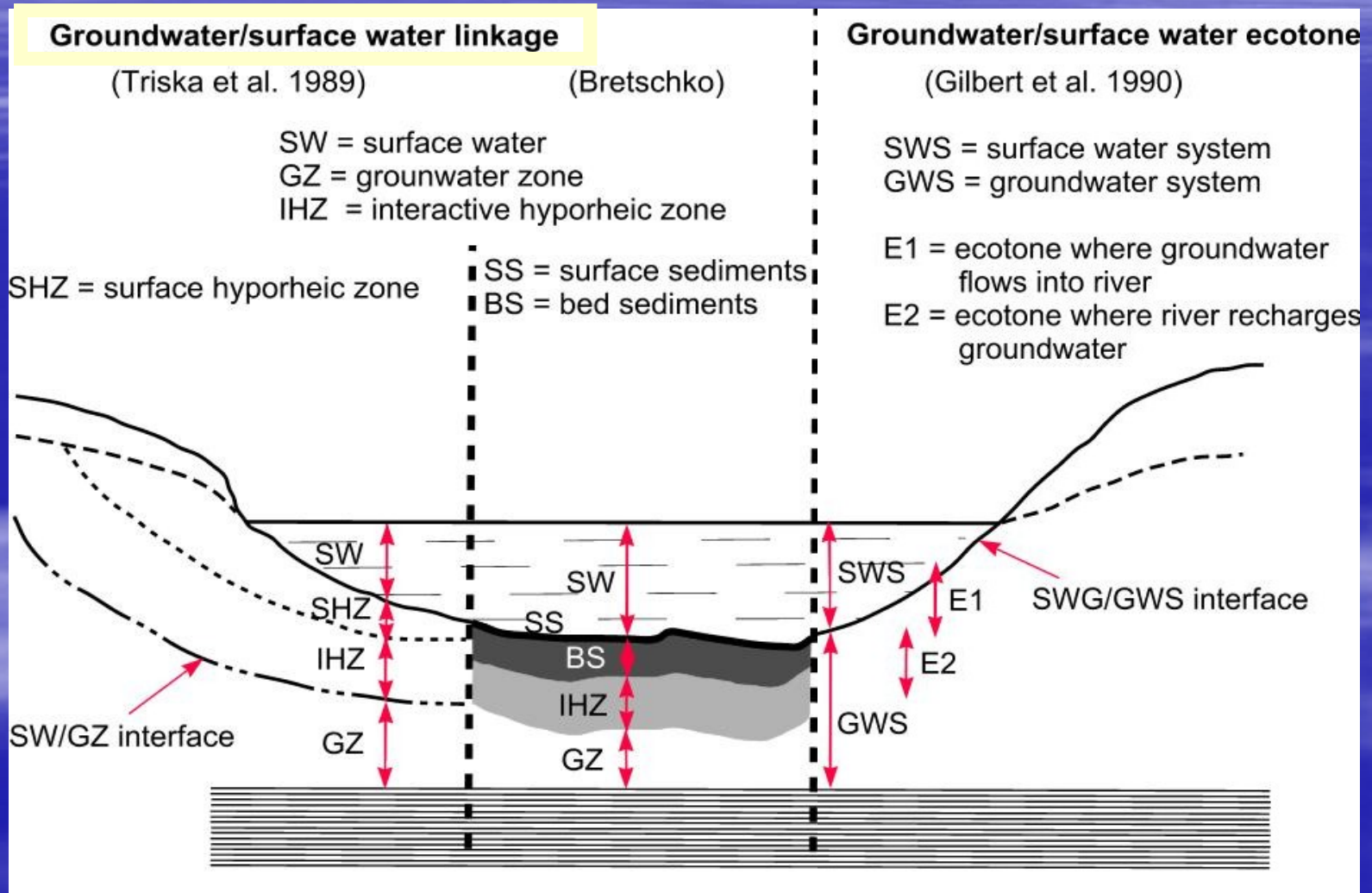
Kde, proč a jak vznikají



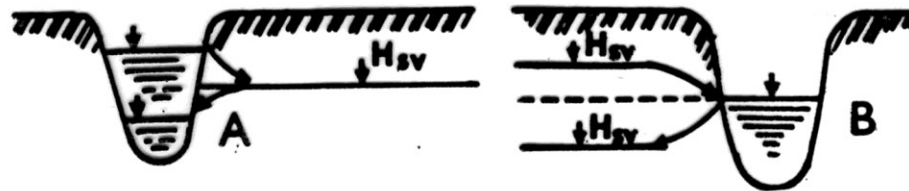
Historie výzkumu

- 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. Štěrbá (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

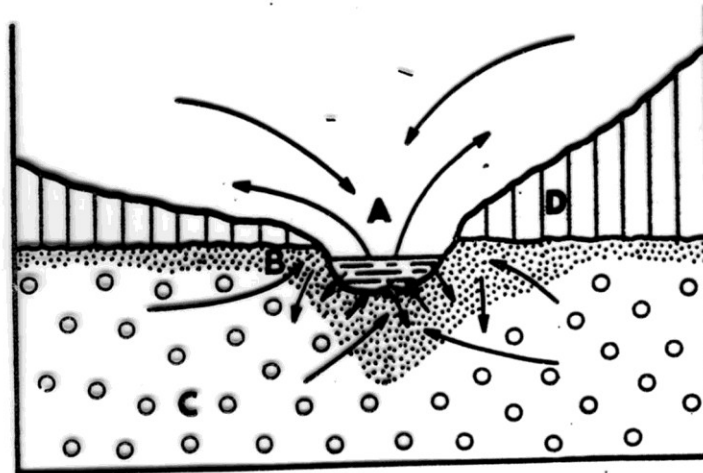


Komunikace s podzemní a povrchovou vodou



Obr.8.

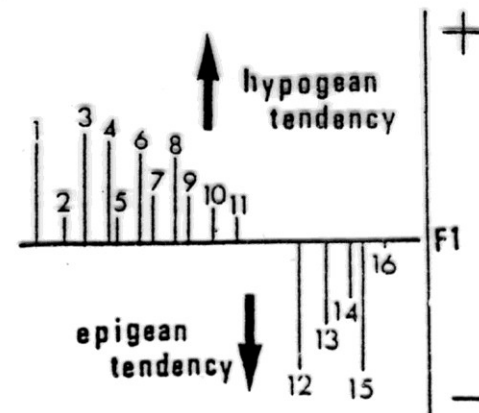
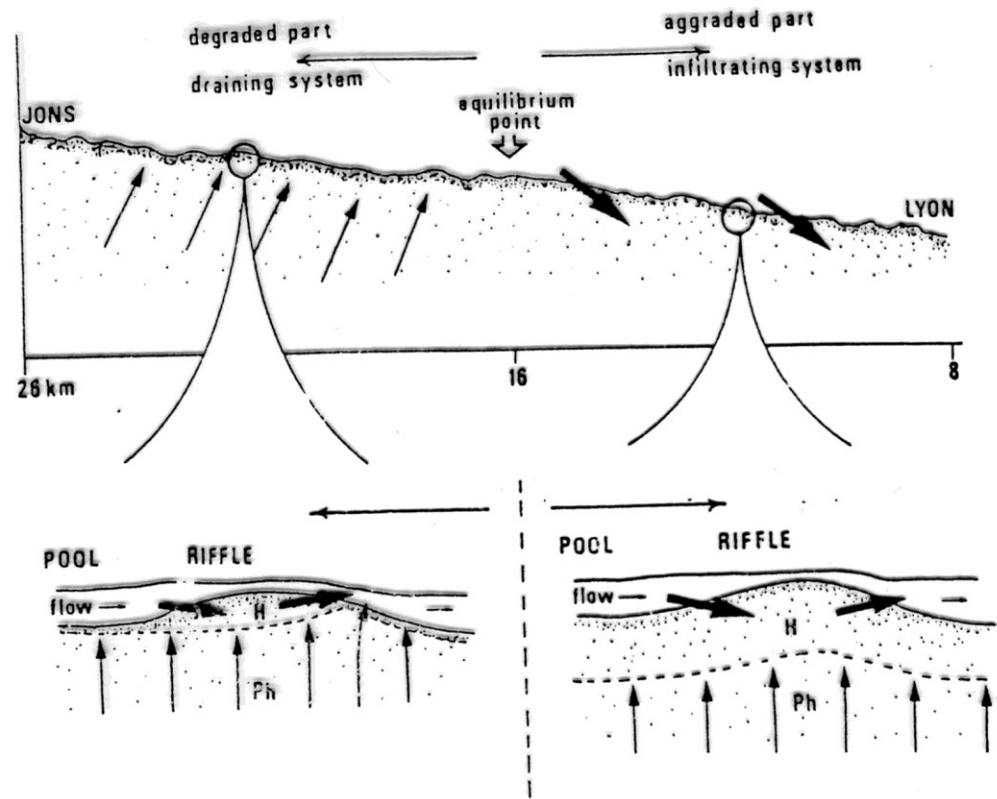
Schéma vzájemného propojení říční a podzemní vody. A = výměna vody při pohyblivé hladině v toku, B = výměna vody při pohyblivé hladině podzemní vody (H_{sv}). (Ex WETZEL A.)



Obr.9.

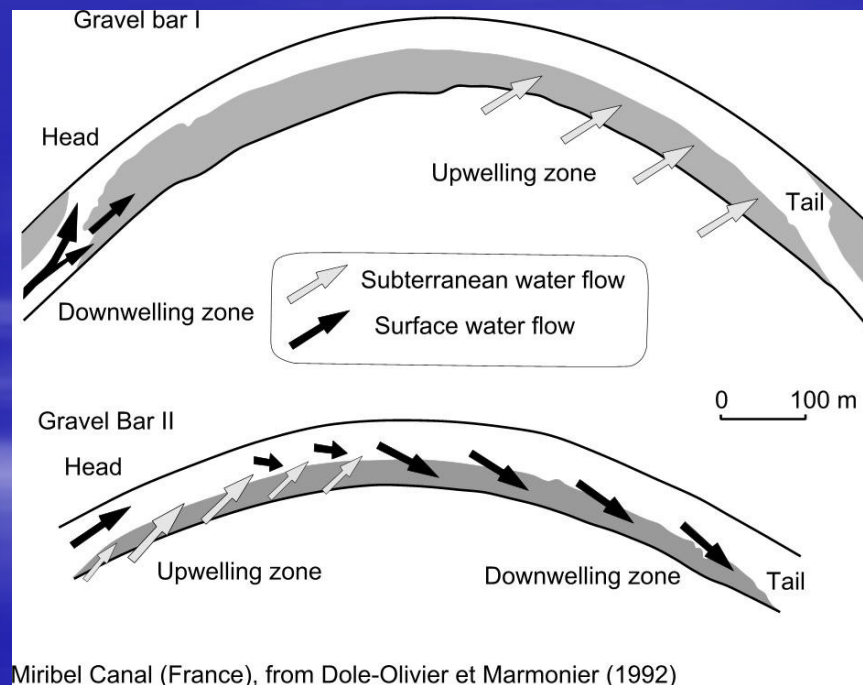
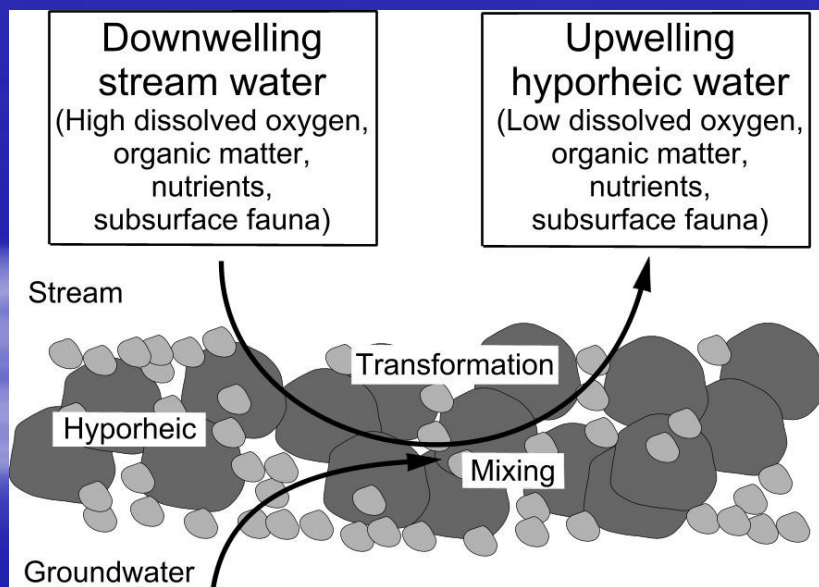
Schéma vzájemného propojení tekoucích vod a sousedních ekosystémů. A = povrchový tok, B = podzemní říční vody (hyporeál), C = podzemní vody, D = souš. Narušení kterékoliv komunikace se řetězově projeví ve všech ekosystémech. (Ex KUBÍČEK)

Hyporheal v podélném profilu toku

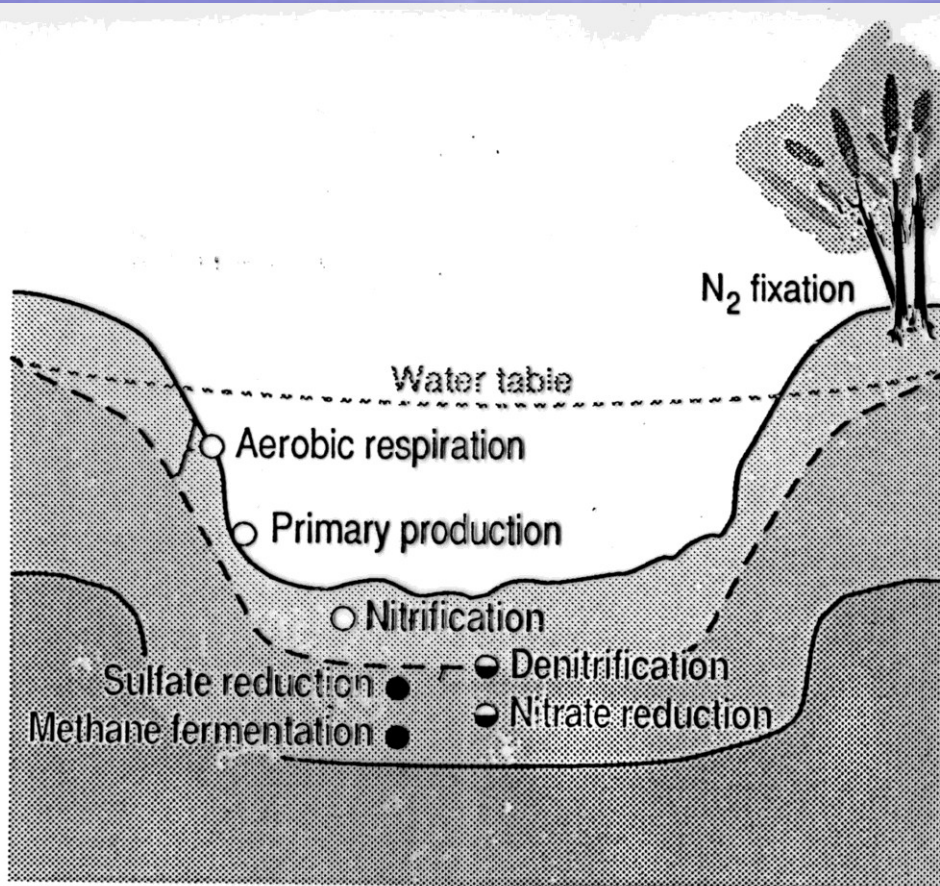


Komunikace mezi povrchovou a podzemní vodou

- 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

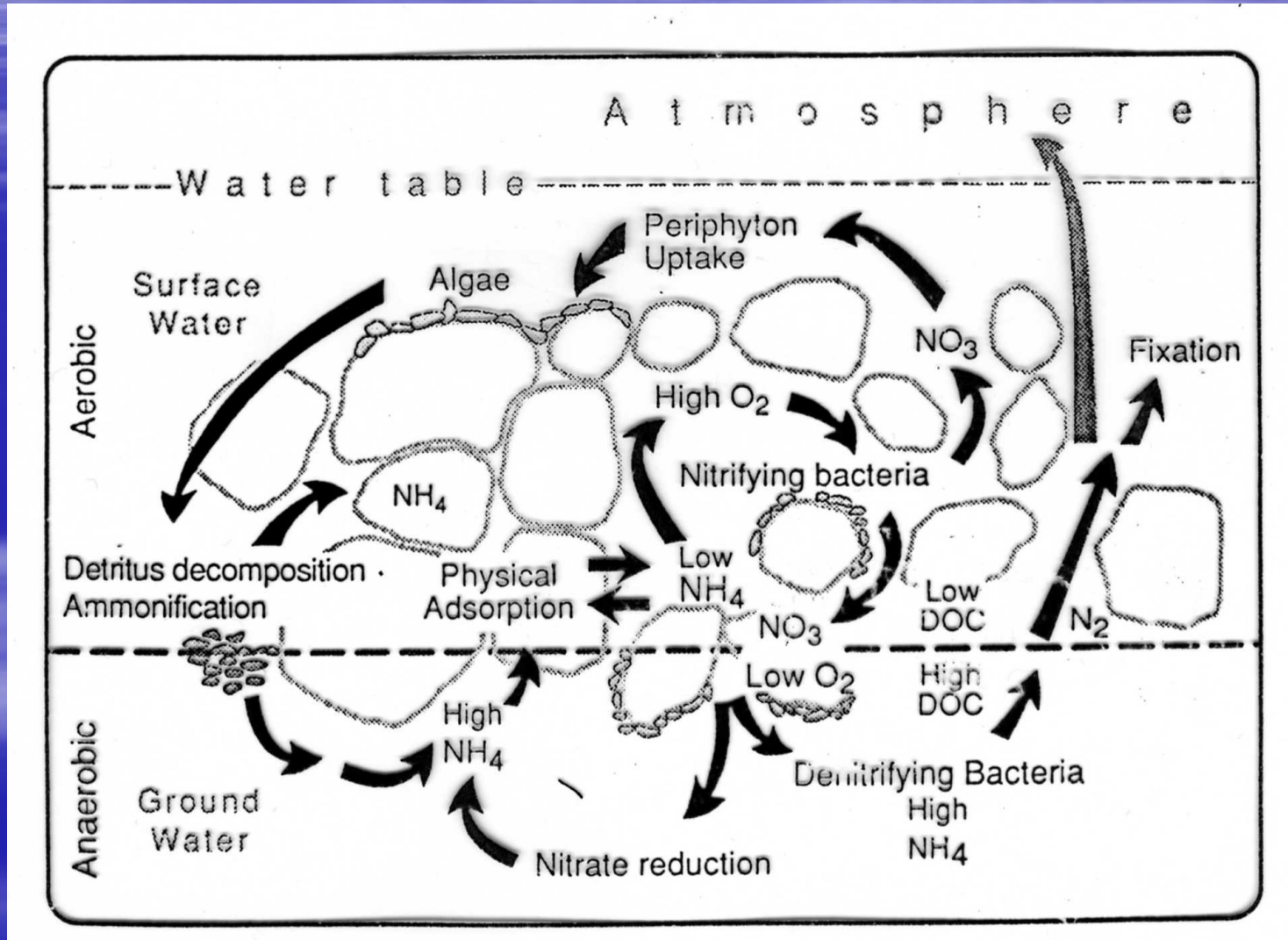


(Bio)chemické procesy



- Excess O₂ relative to organic carbon, low HS, NH₄
- Excess organic carbon relative to O₂, NO₃
- Excess organic carbon relative to O₂, NO₃, SO₄

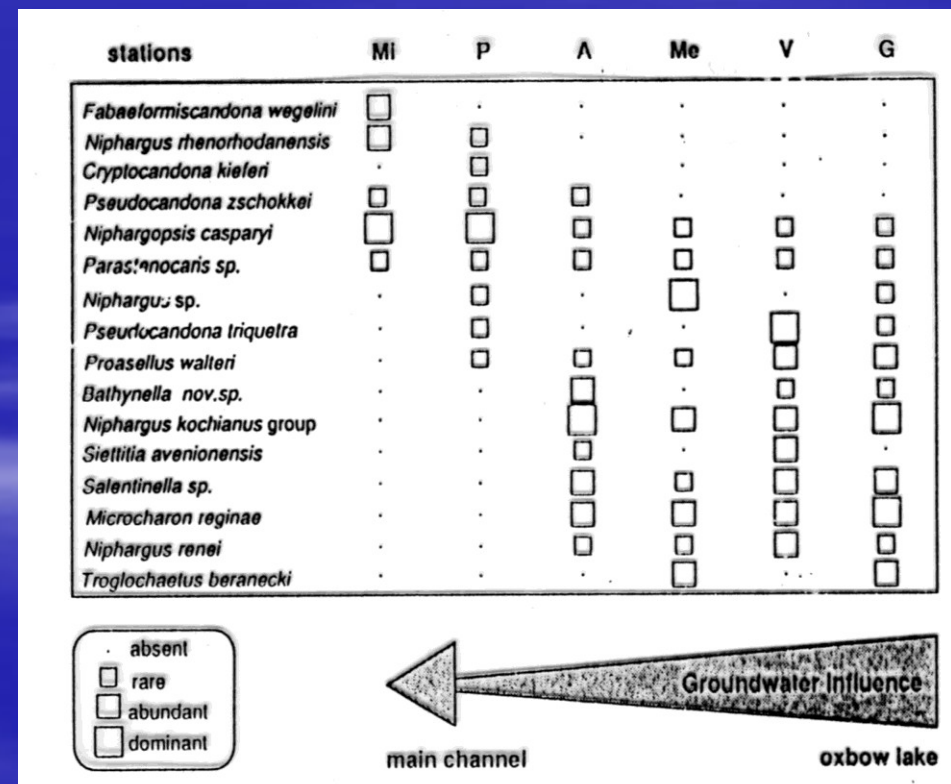
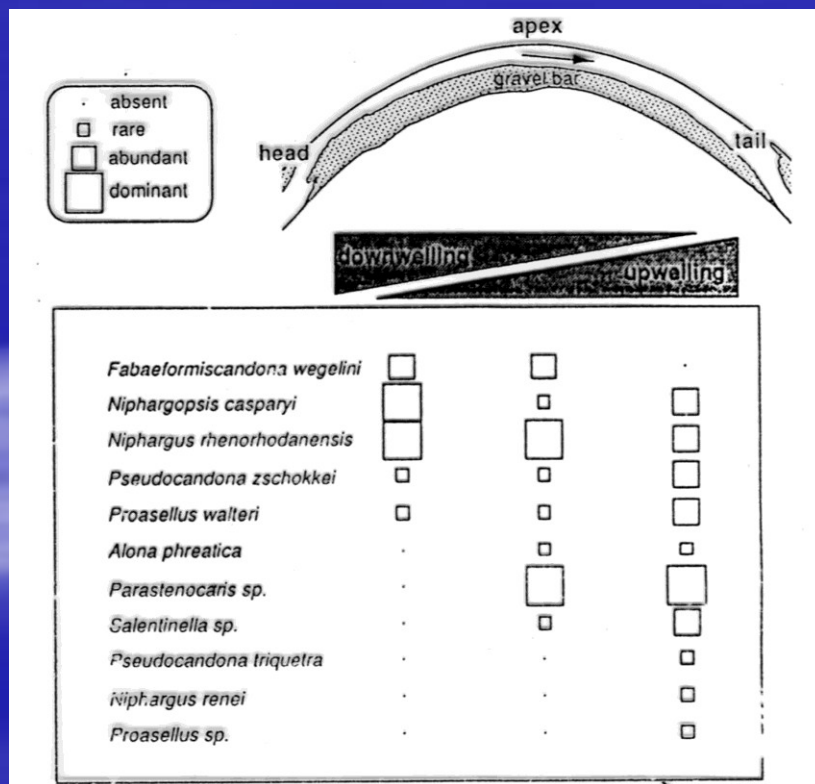
Koncepce cyklů dusíků v hyporhealu



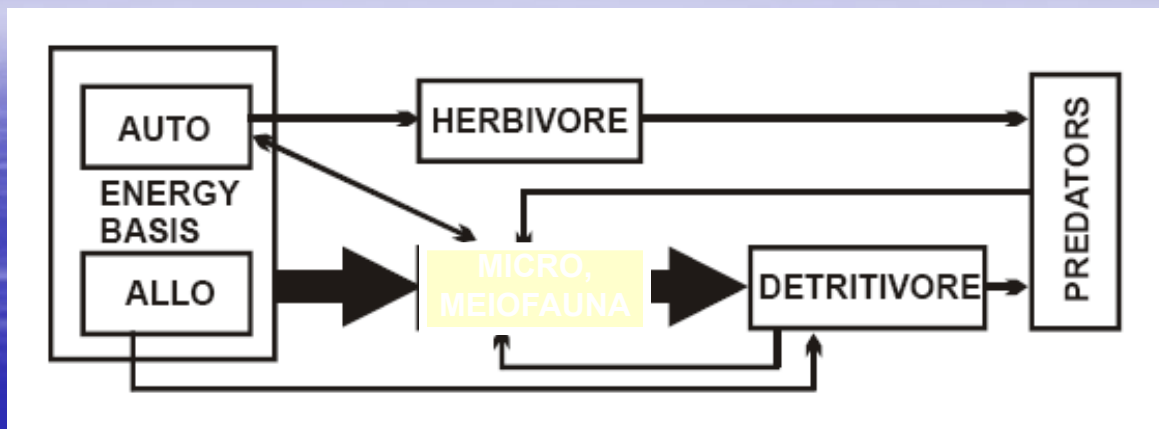
Organisms hyporeau (hyporheos) – distribution in longitudinal and cross-section profile

Podélný profil – šterková lavice

Příčný profil – slepé rameno – říční koryto



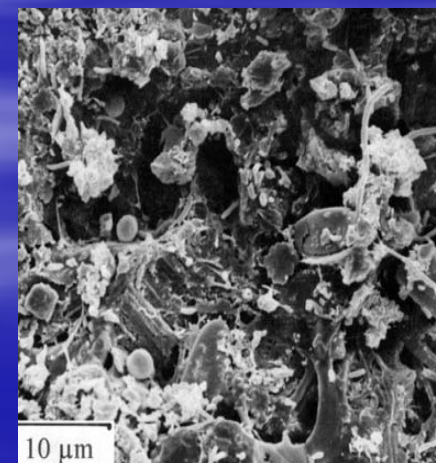
Potravní řetězec a tok energie



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)



ní

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

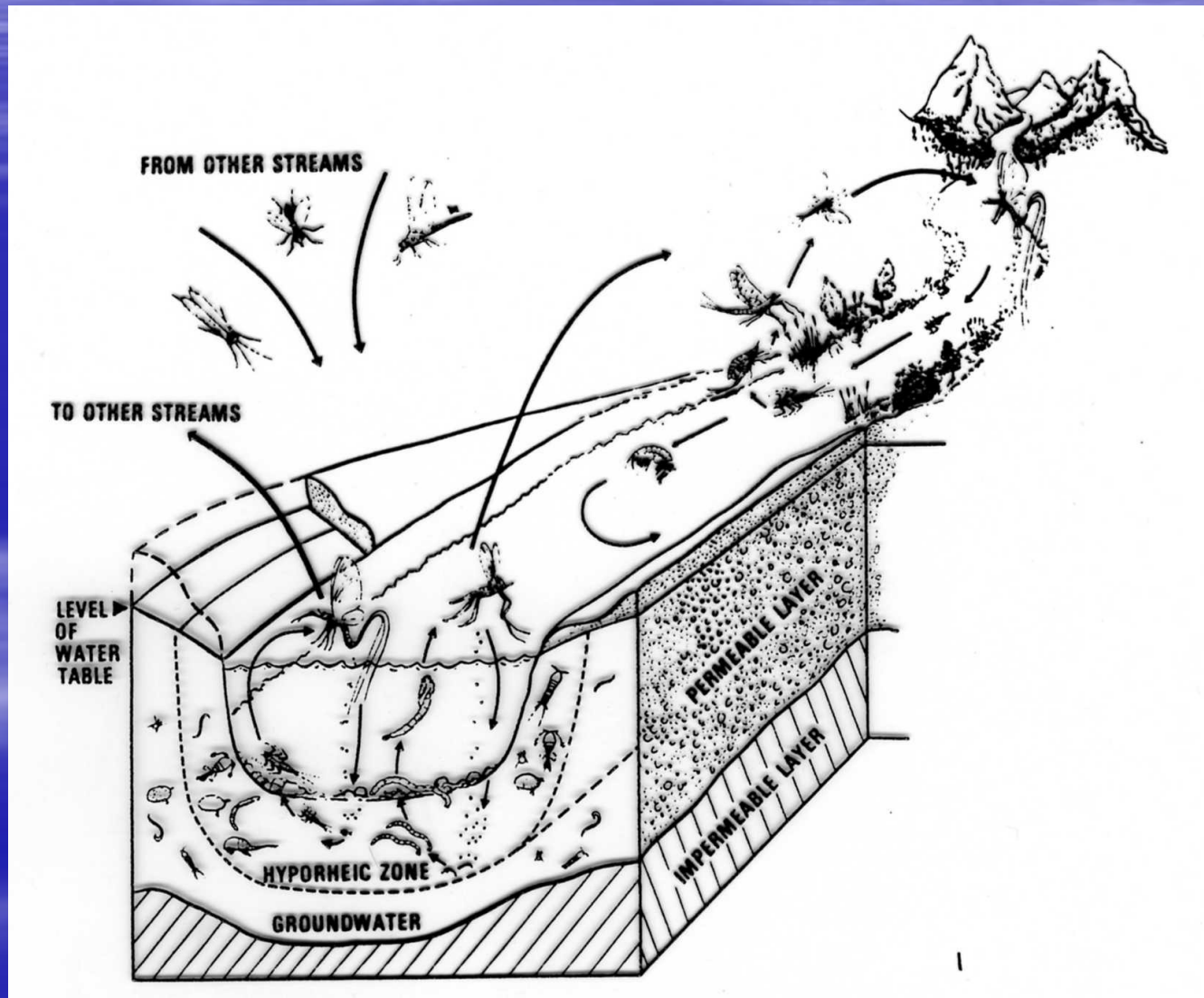
- Kumulace, destrukce a utilizace organické hmoty
- Nitrifikační a denitrifikační cyklus
- Hospodaření s fosforem
- Refugium pro epibentické organismy při disturbancích
- Biotop pro pravý hyporheos (hyporheobionti) - permanentně v hyporhealu
- Biotop pro temporální organismy (larvy vodního hmyzu, ...)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

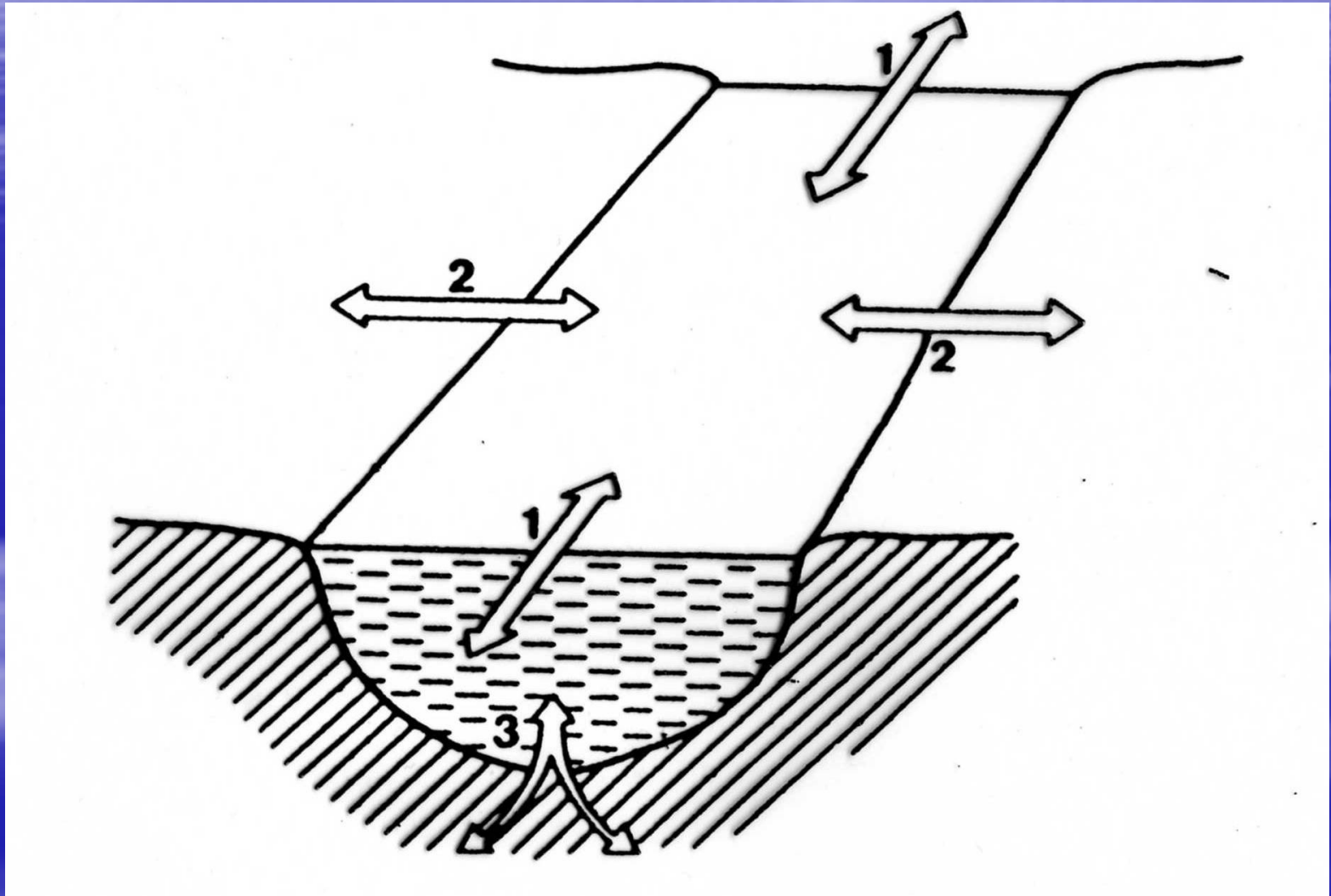
Hyporheofilní organismy – zóna pro vývoj larválních stadií



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

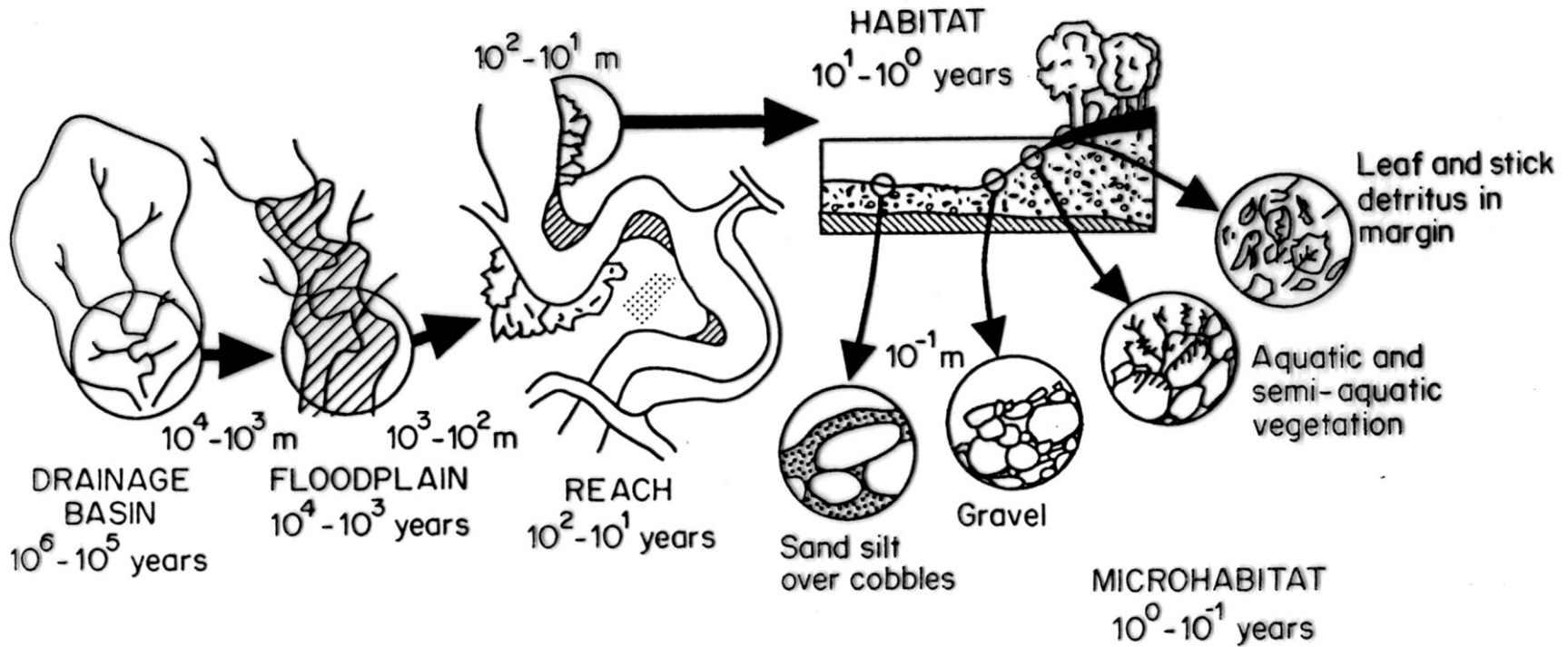
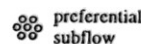
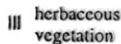
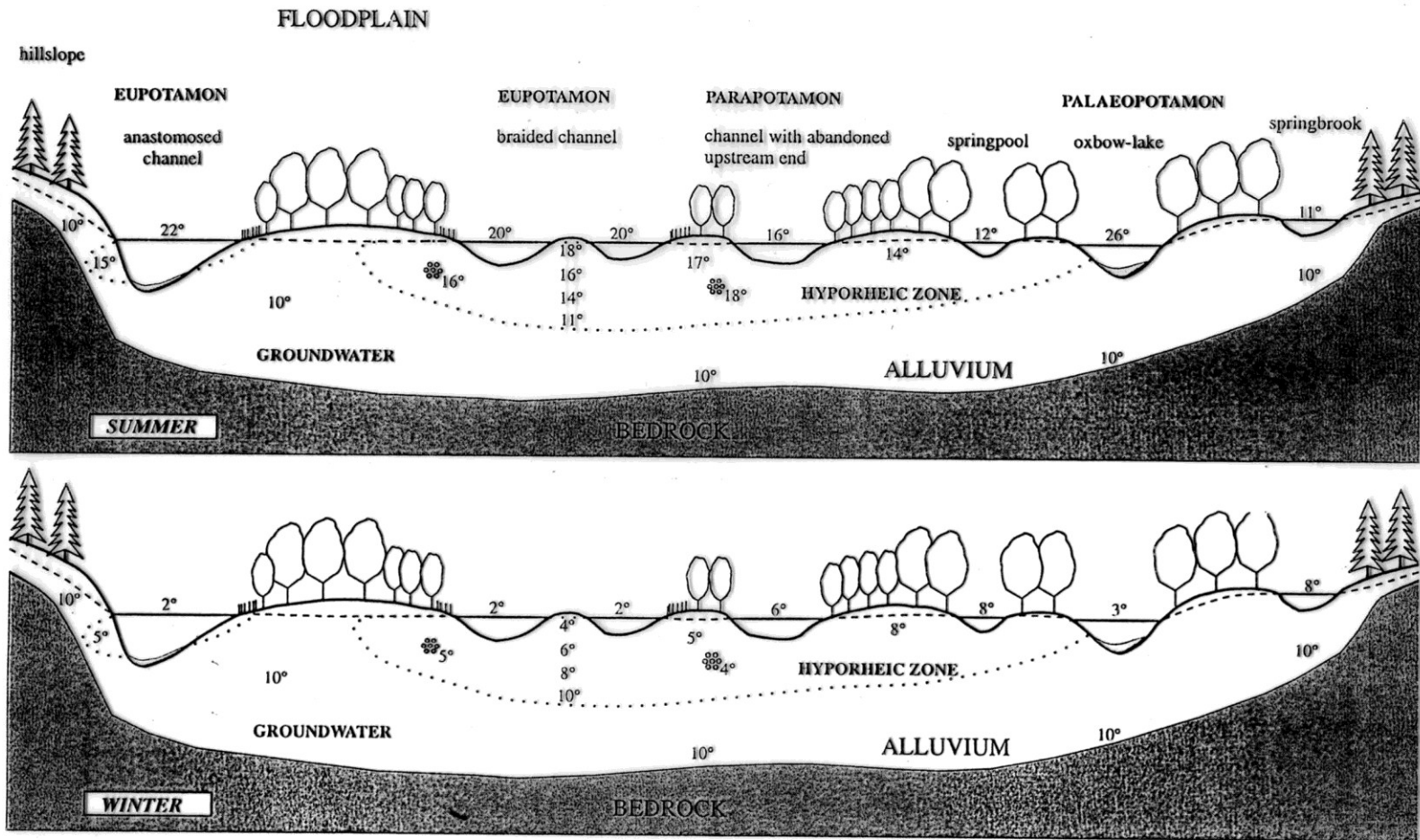


FIGURE 7.4. Hierarchical organizations of a stream system and its habitat sub-systems. Linear spatial scale, approximated to second- or third-order mountain stream, is indicated (adapted from Frissell et al, 1986)

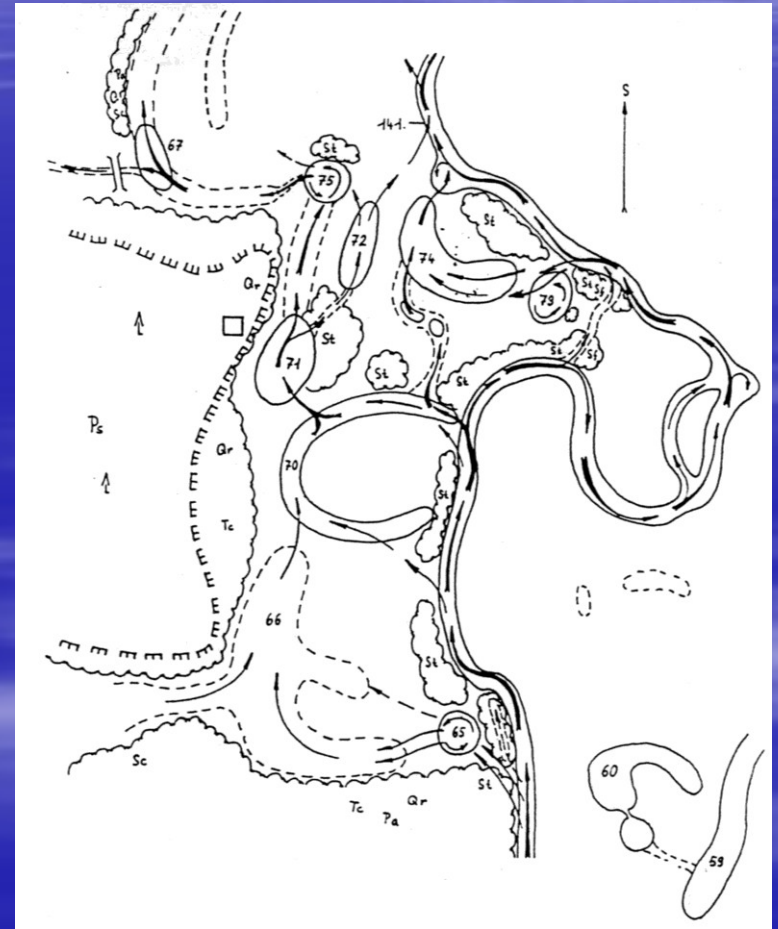
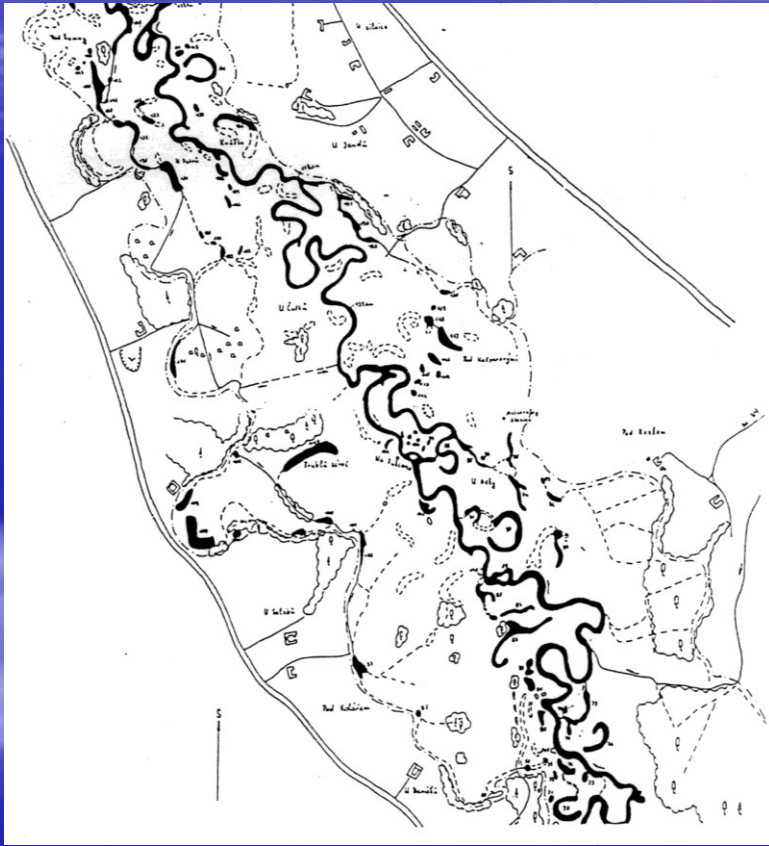
Řeka a její záplavové území (aluvium)



Řeka a její záplavové území (aluvium)

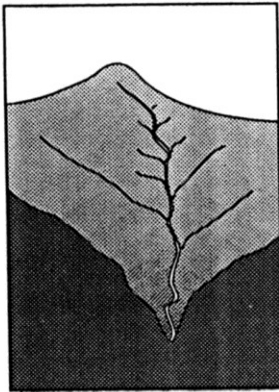
- **Eupotamon** – průtočná část říční sítě po celý hydrologický rok
- **Parapotamon** – slepé rameno, průtočný úsek za vyšších vodních stavů, trvale však napojen na tok
- **Plesiopotamon** – mrtvé rameno, průtočné jen za vyšších vodních stavů, zbytek roku oddělen od toku, komunikace jen hyporhealem
-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

Příklady – řeka Lužnice

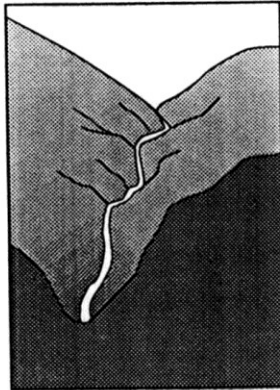


Geomorfologická klasifikace

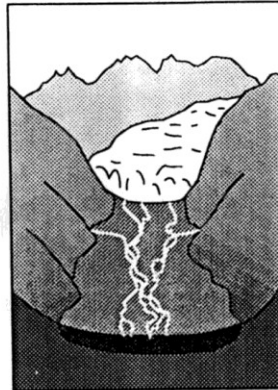
Valley wall/headwater



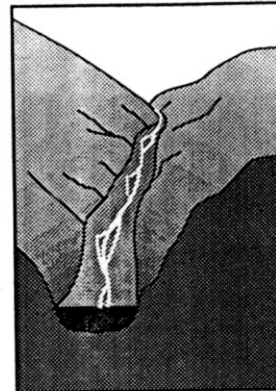
V-shaped valley, moderate gradient



Active glacial valley



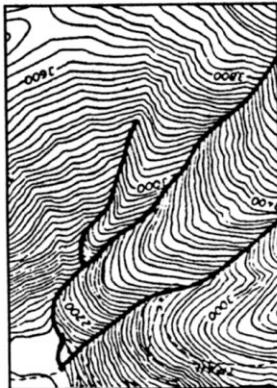
Alluviated mountain valley



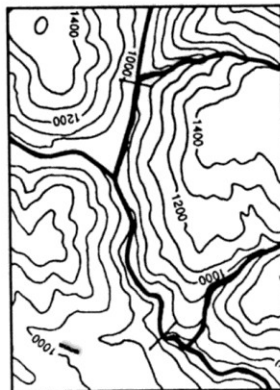
Alluviated lowlands



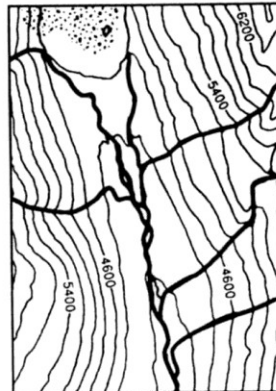
H3



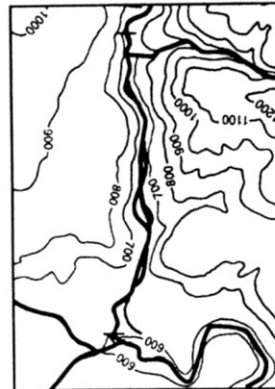
V1



U4



V4



F2



Klasifikace dle proudění

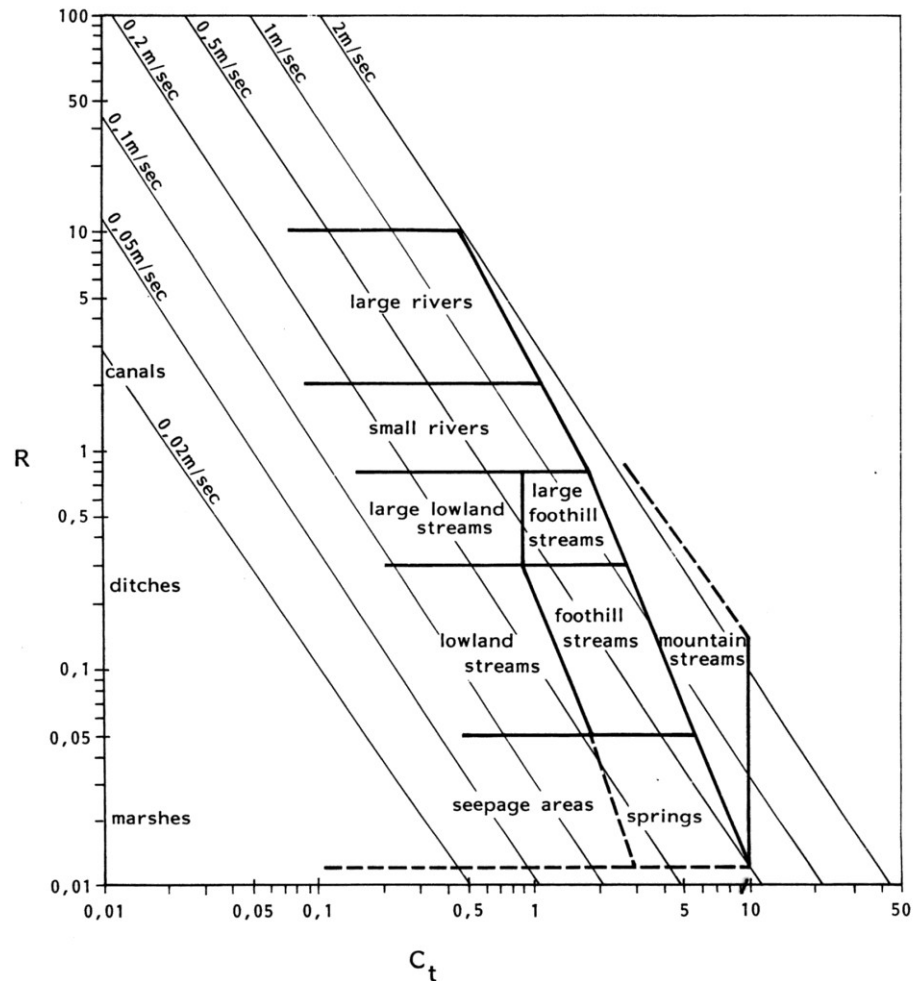
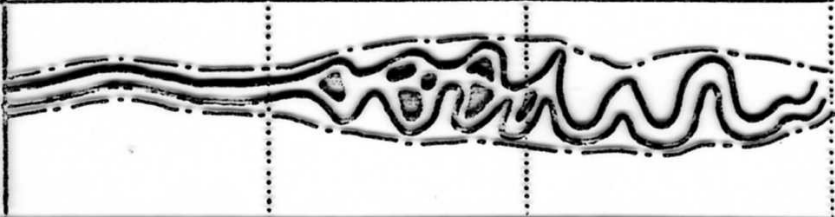
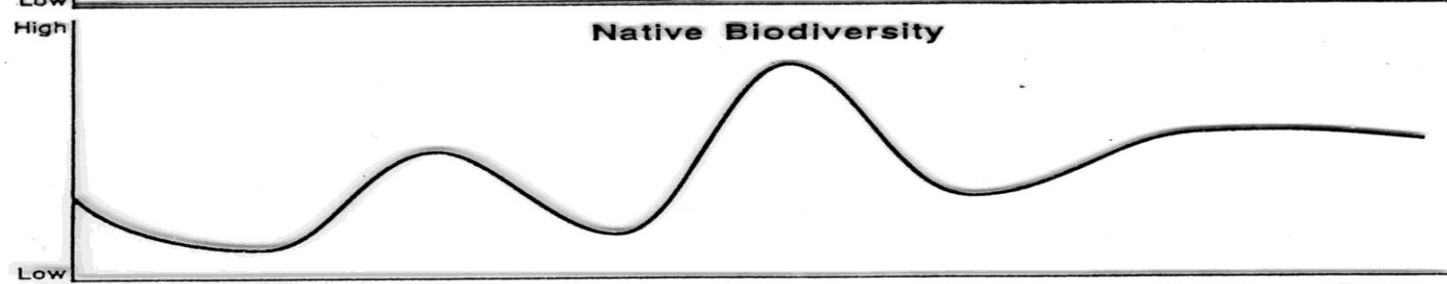
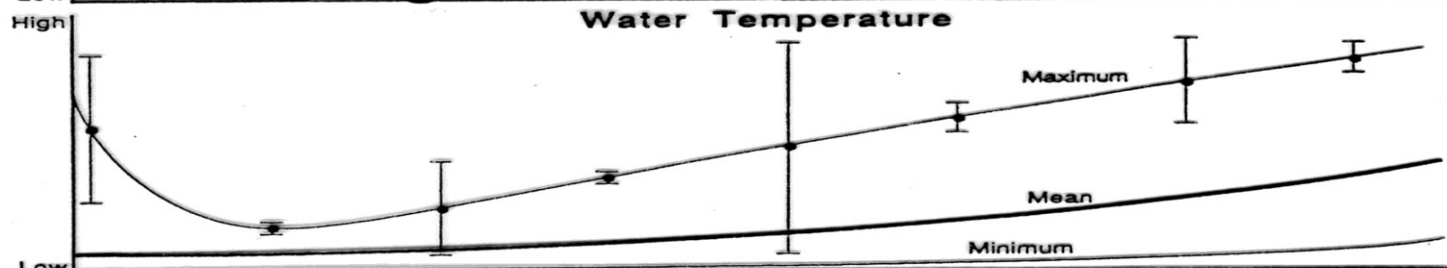
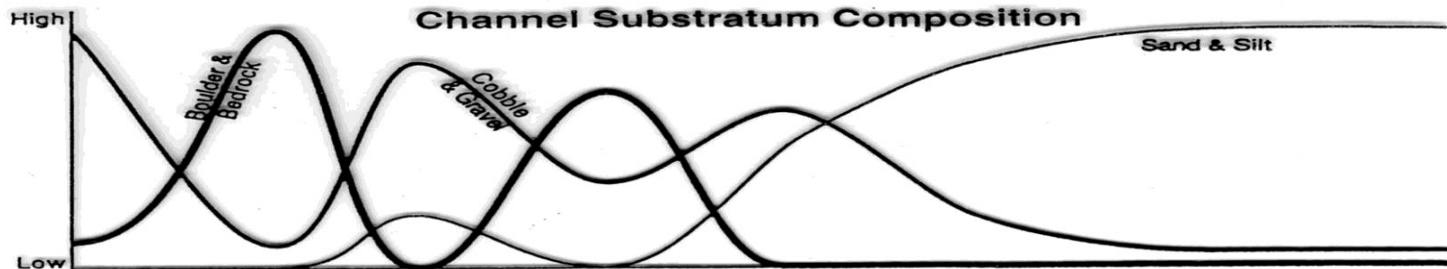


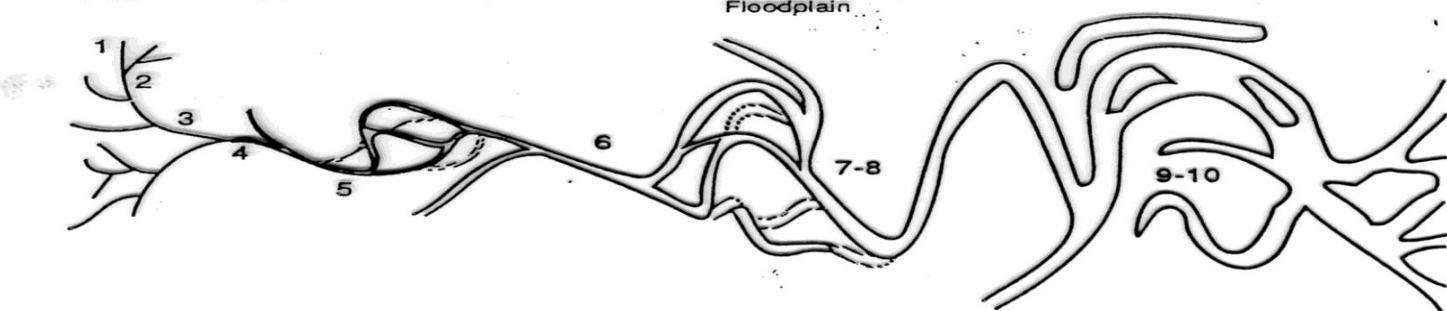
Fig. 1. Typology of running waters based on hydraulic factors (Higler & Mol, 1984; slightly modified). R = hydraulic radius (m); C_t = terrain factor (1 n J^{1.2}); n = roughness; J = ground slope.

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

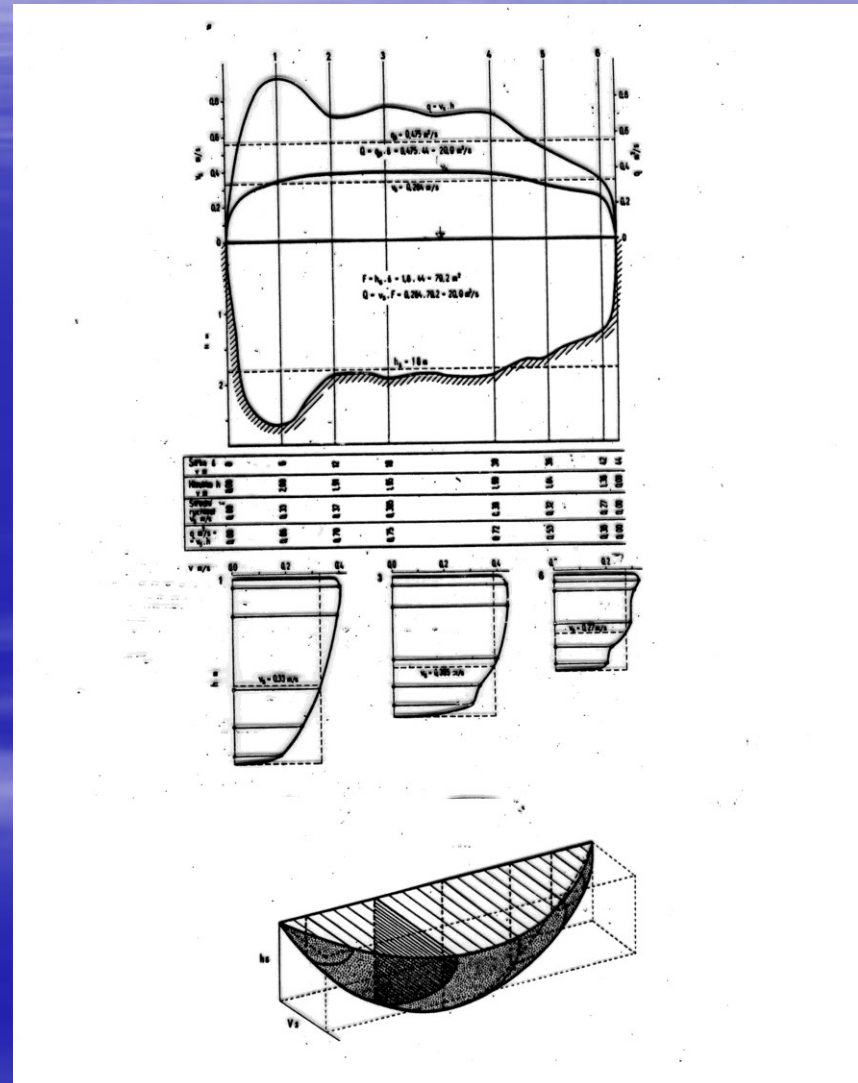


Headwater Stream Headwater Transition Montane Floodplain Montane Transition Piedmont Valley Floodplain Piedmont Transition Coastal Floodplain Estuary



Spád, proudění a substrát dna

- Rychlost proudu

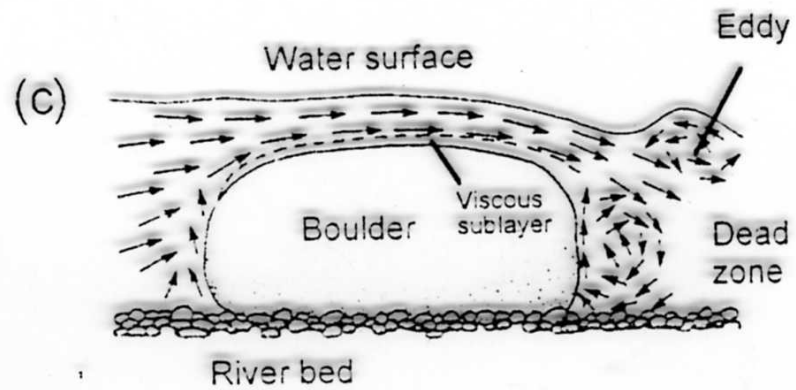
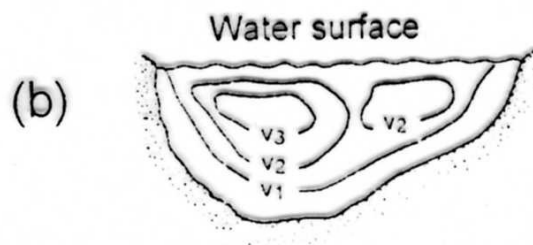
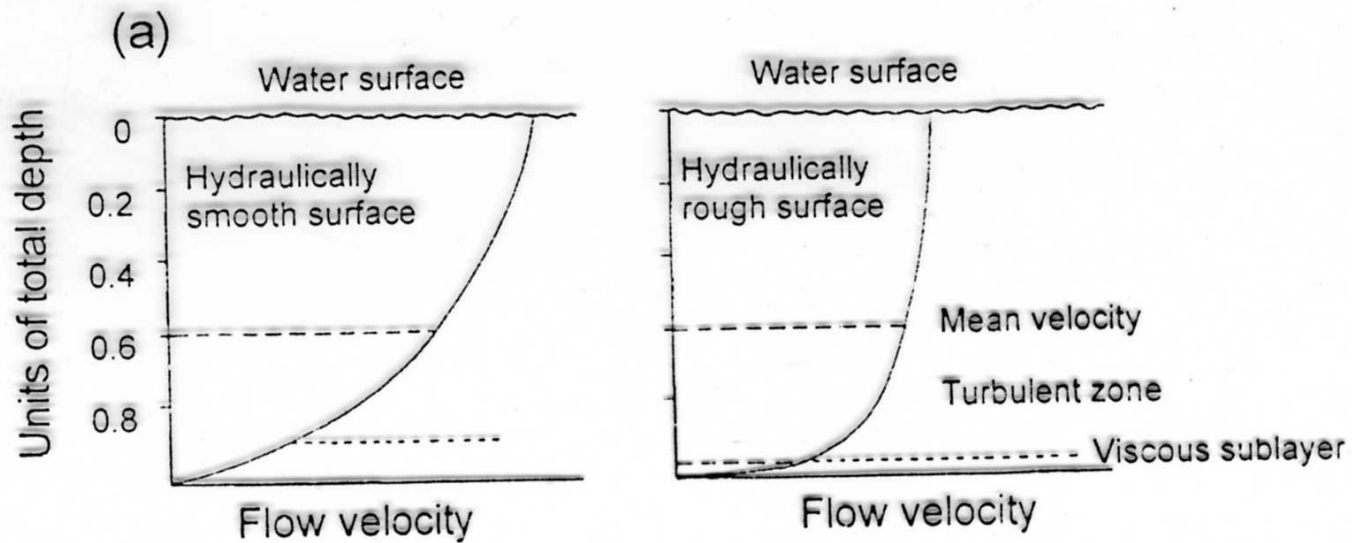


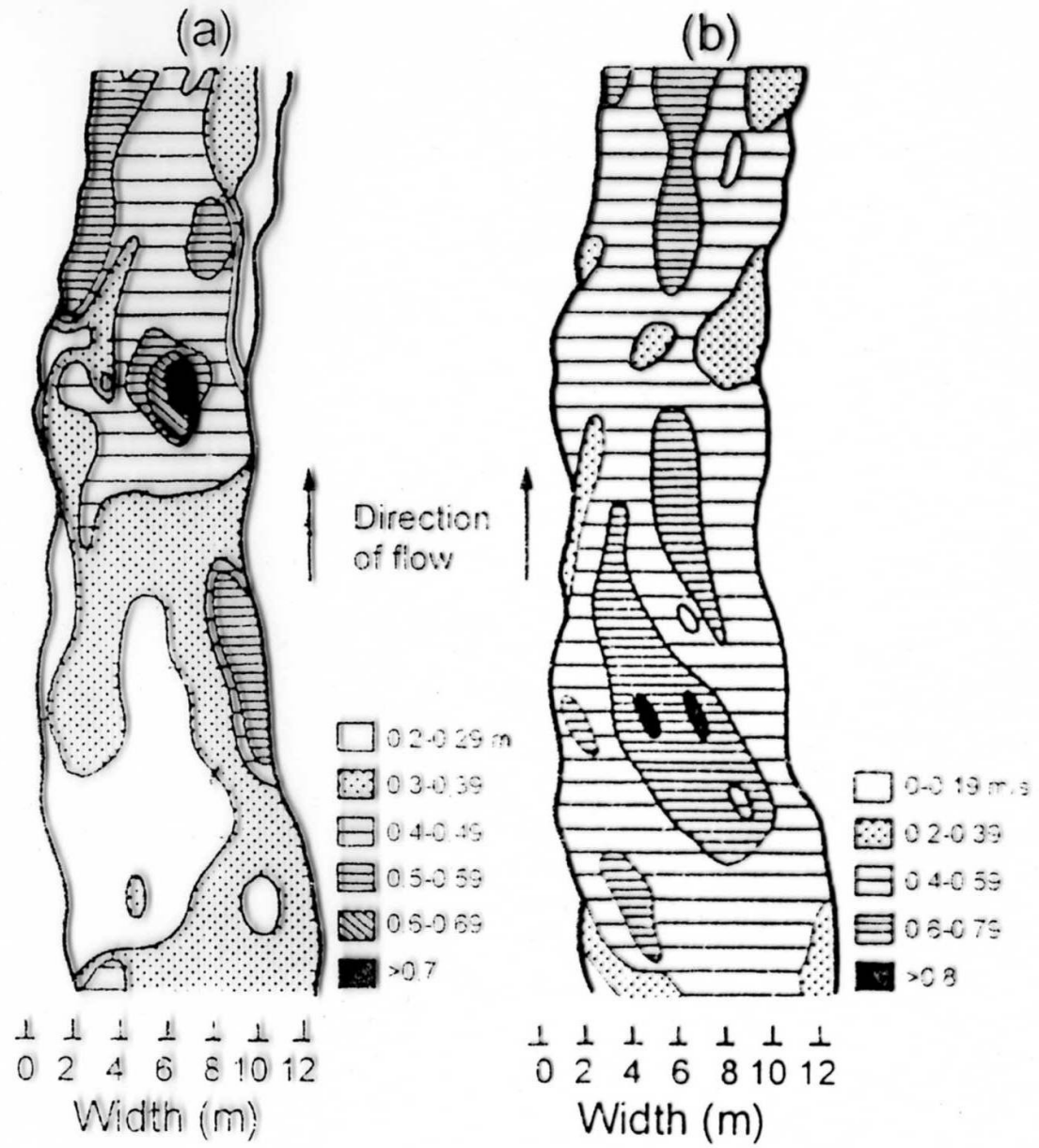
Spád, proudění a substrát dna

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 <i>versus</i> 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	$1.004 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ at 20°C
g	Acceleration due to gravity	$9.8 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
Equations		
Re	Bulk flow Reynolds number	
	$Re = \bar{U}D/\nu$	$Re < 500$ \Rightarrow laminar flow $500 < Re < 10^3 - 10^4$ \Rightarrow transitional flow $Re > 10^3 - 10^4$ \Rightarrow turbulent flow
Fr	Froude number	
	$Fr = \bar{U}\sqrt{gD}$	$Fr < 1$ \Rightarrow sub-critical flow $Fr = 1$ \Rightarrow critical flow $Fr > 1$ \Rightarrow 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
	$Re_* = U_*k/\nu$	$Re_* < 5$ \Rightarrow hydraulically smooth flow $5 < Re_* < 70$ \Rightarrow transitional flow $Re_* > 70$ \Rightarrow hydraulically rough flow
δ	Thickness of laminar sublayer	Describes region of viscous flow
	$\delta = 11.5\nu/U_*$	$\delta/k < 1$ \Rightarrow hydraulically smooth flow $\delta/k > 1$ \Rightarrow hydraulically rough flow





Proudění a koryto toku

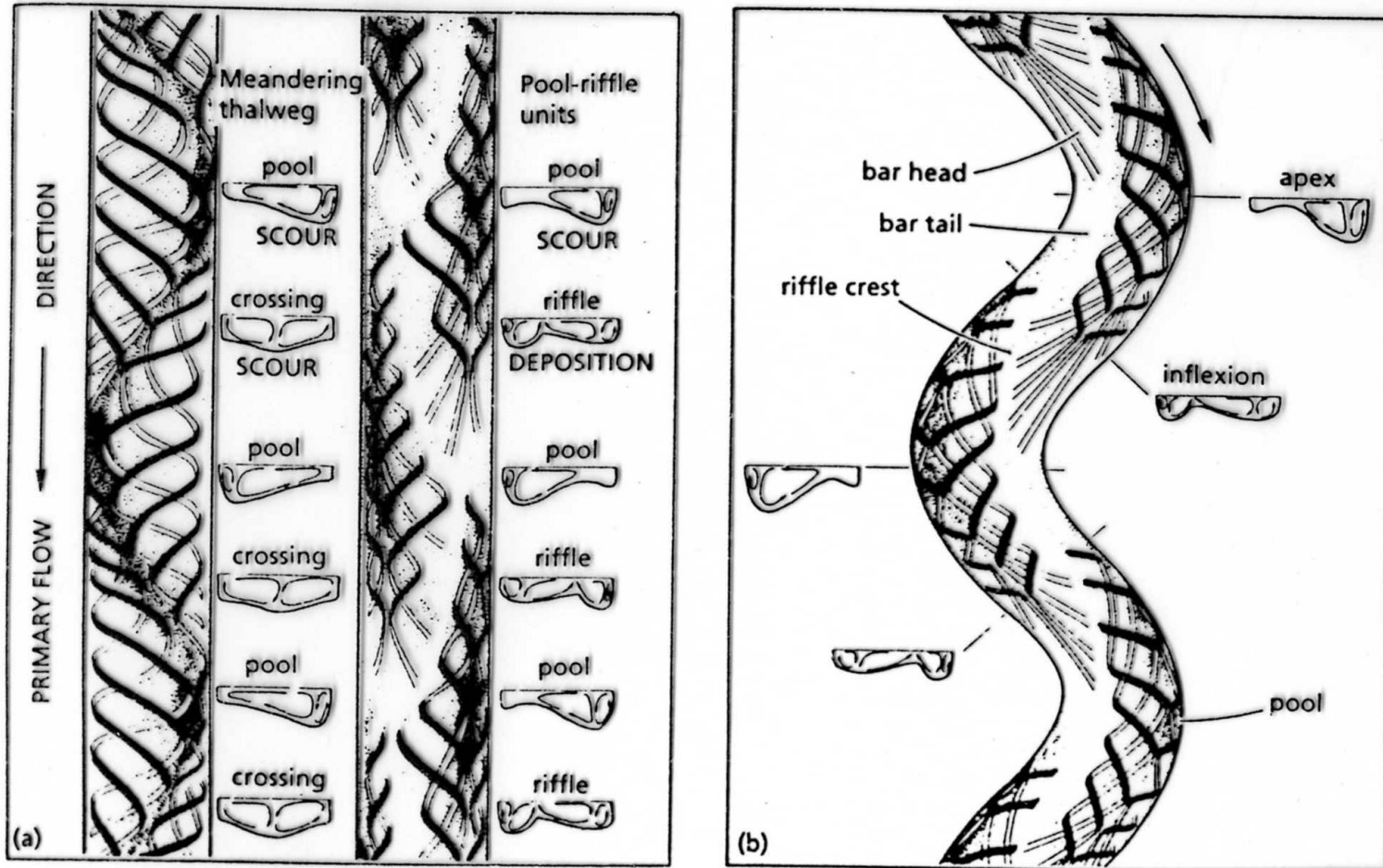


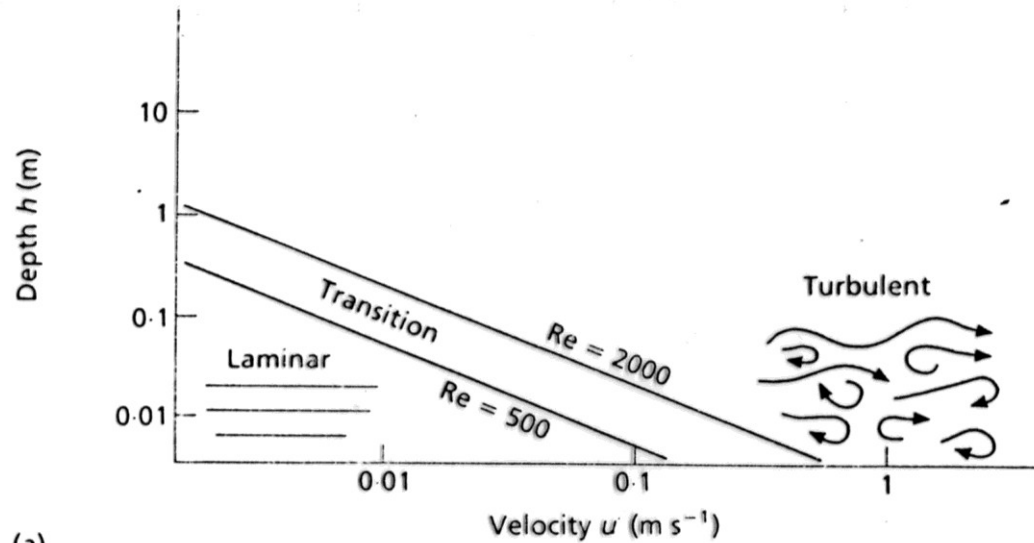
FIGURE 7-5 Models of flow structure in (a) straight and (b) meandering channels. (From Carling, 1992, after Thompson, 1986. Secondary flows and the poolriffle unit: a case study of the processes of meander development. *Earth Surface Processes and Landforms* 11:631-641, © John Wiley & Sons Limited. Reproduced

Substrát – drsnost dna

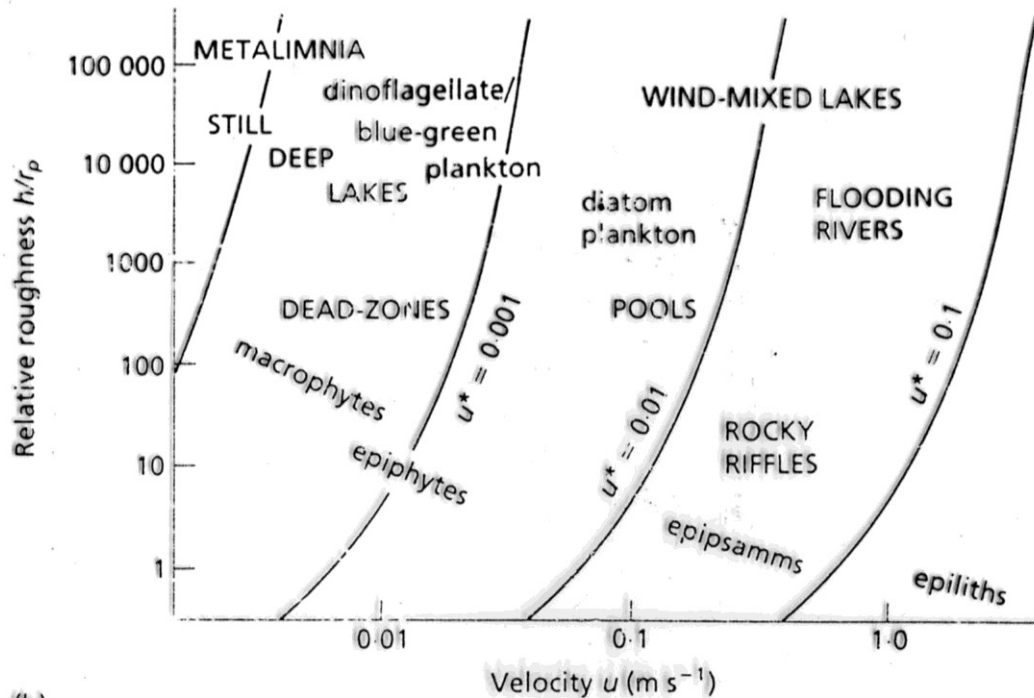
TABLE 3.3 The classification of mineral substrates by particle size, according to the Wentworth Scale (After Cummins, 1962; Minshall, 1984)

<i>Size Category</i>	<i>Particle Diameter (range in mm)</i>	<i>Phi (ϕ) Value ($-\log_2$ smallest diameter)</i>
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

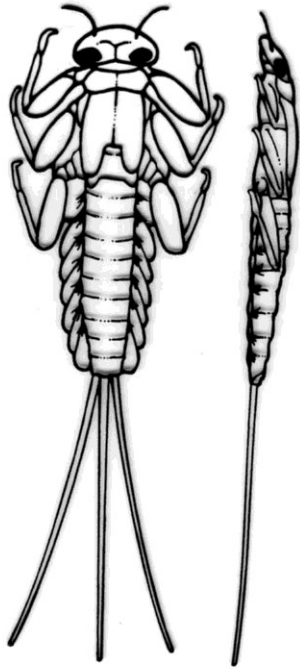


(a)

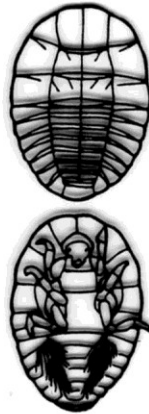


(b)

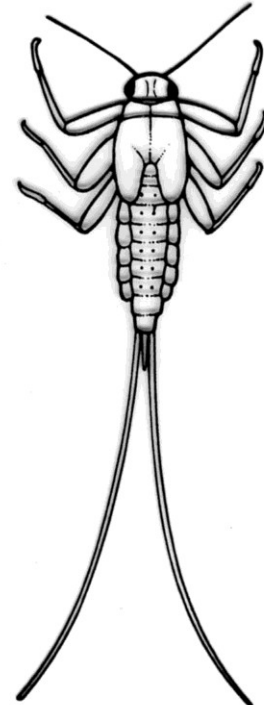
Rheobionti, rheophilové, rheoxenové



(a) *Rhithrogena*



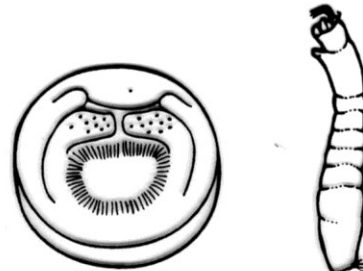
Psephenus x3



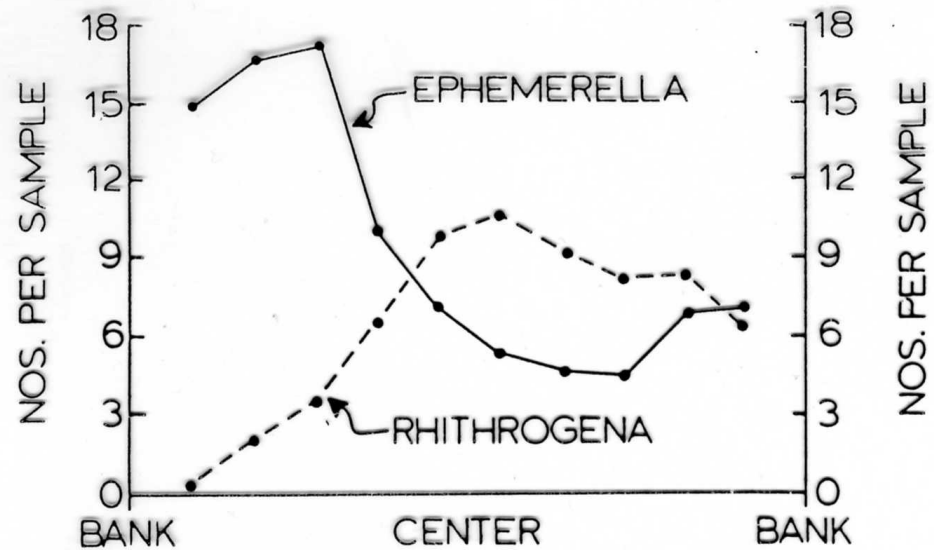
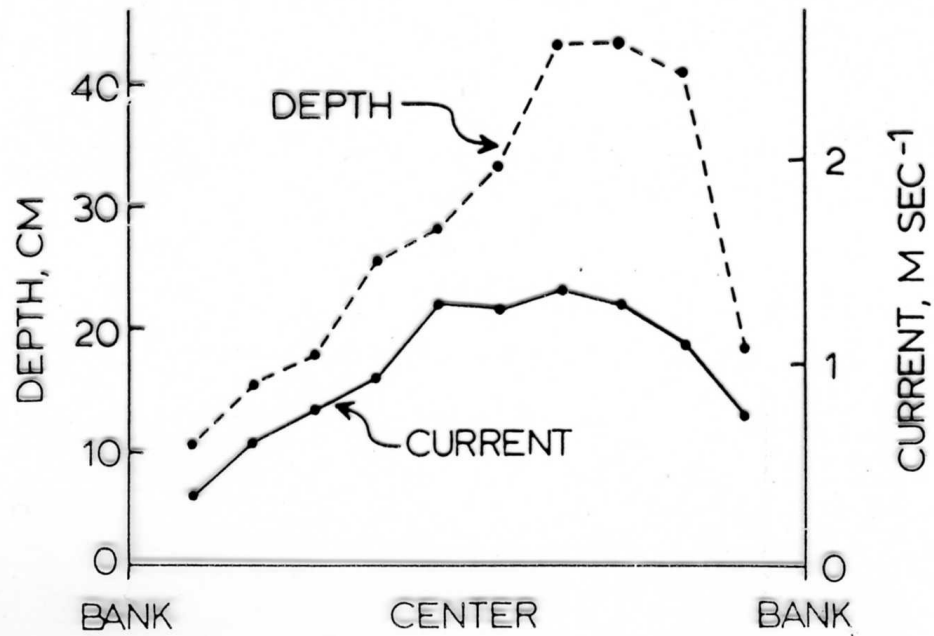
(b) *Baetis subalpinus*



(c) *Philorus*

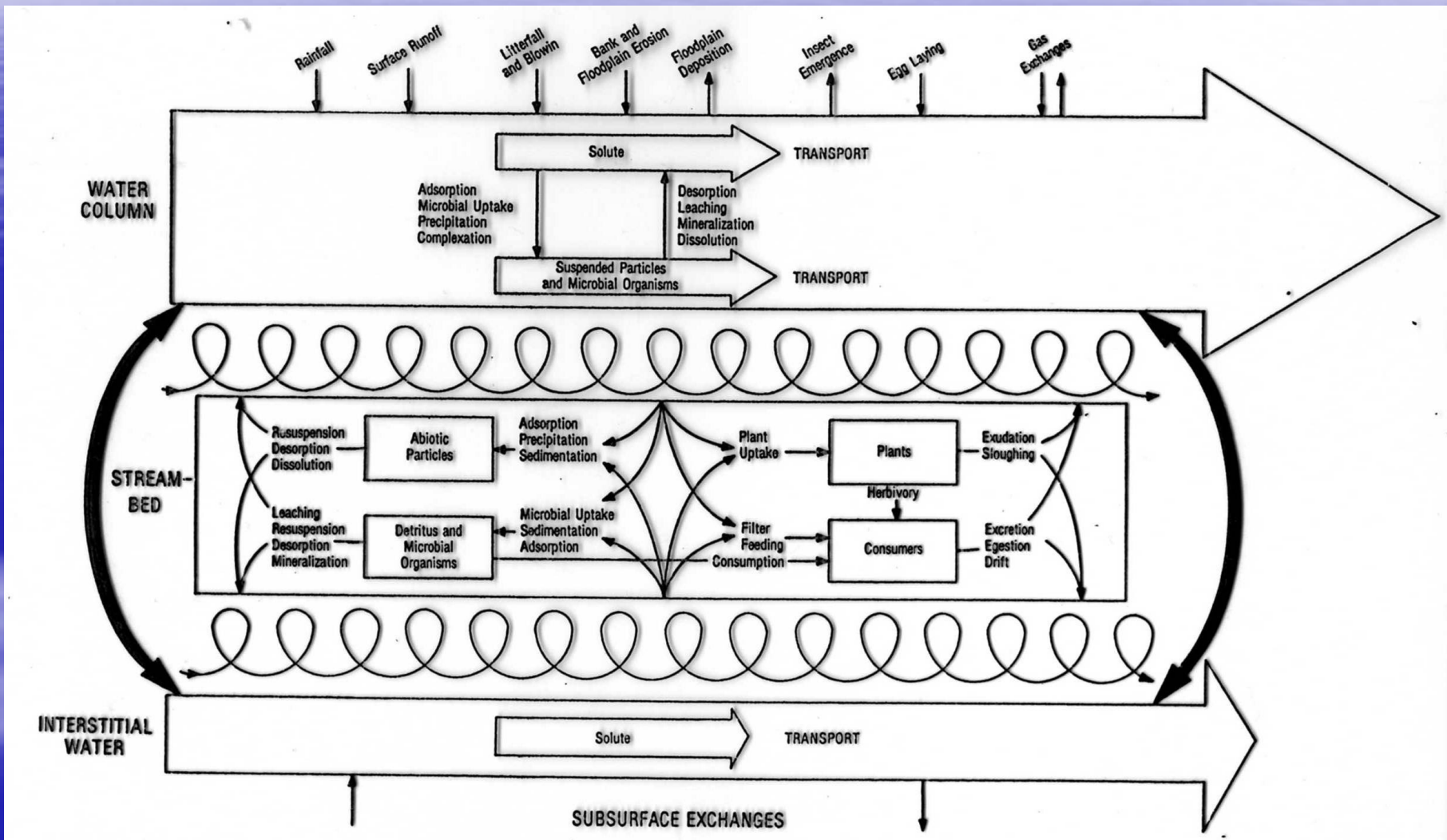


(d) *Simulium*

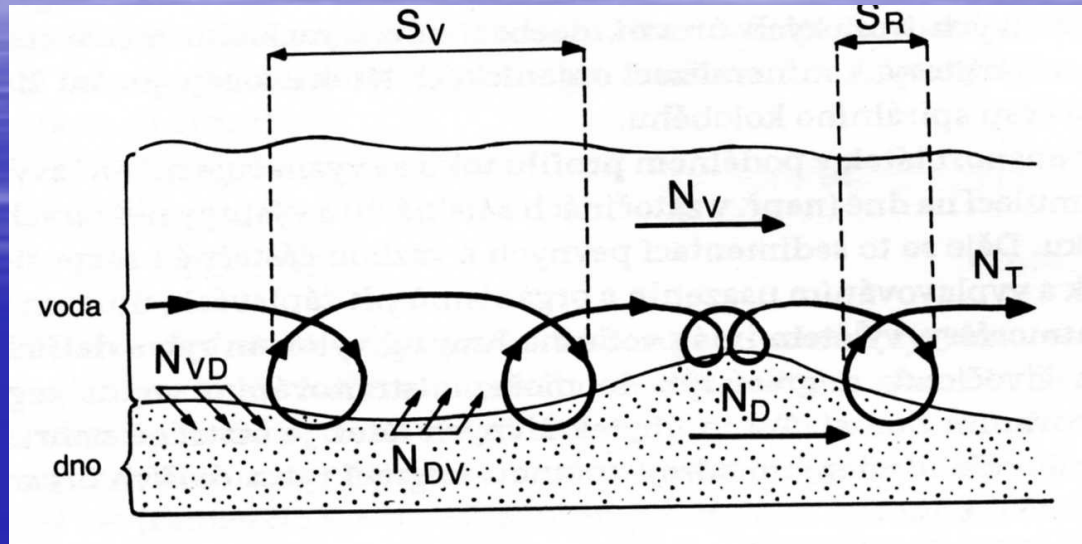


Vstupy energie – koloběh látek

- 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



Spirální koloběh



$$S = v \cdot h,$$

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

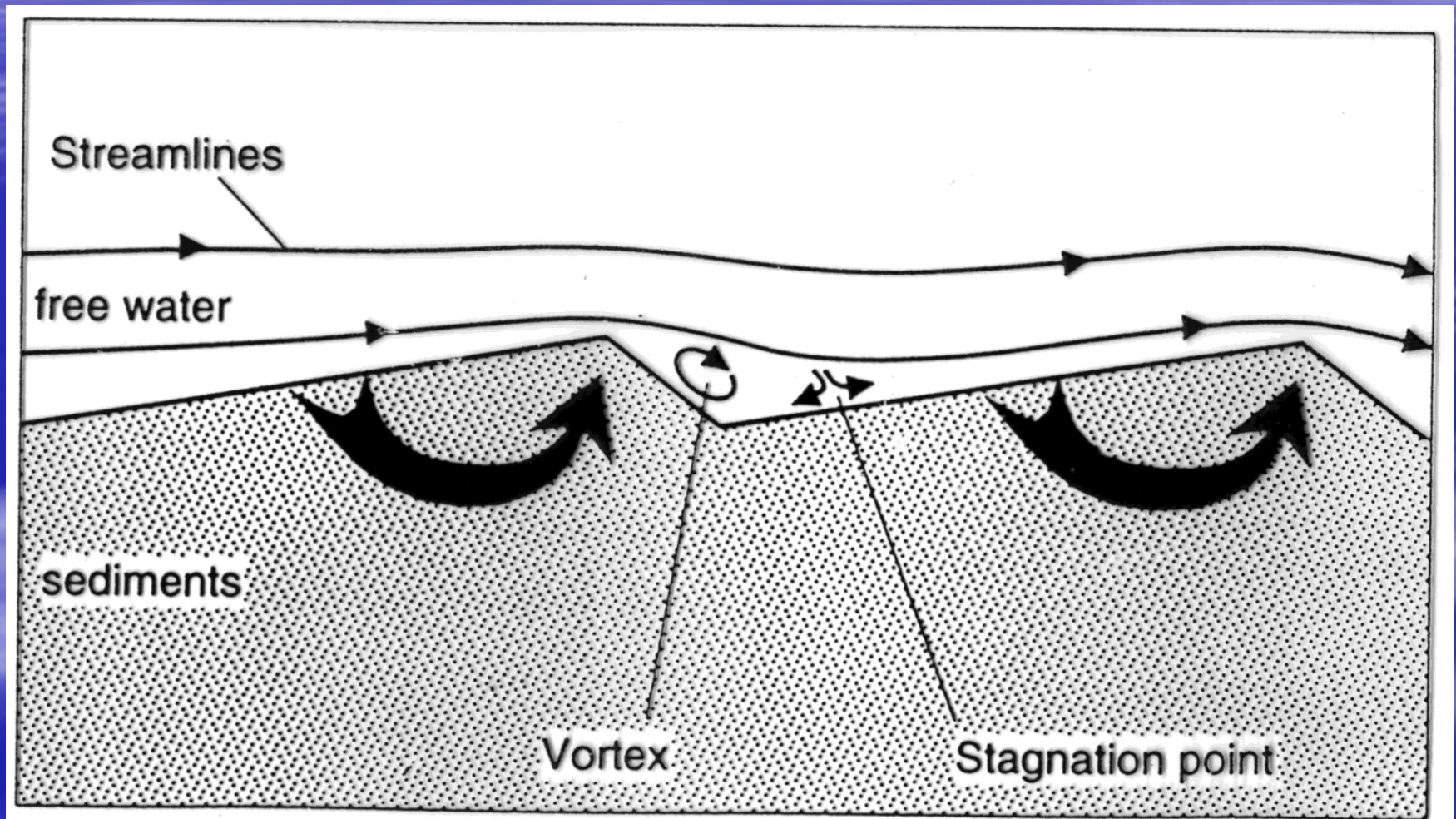
$$S = S_V + S_R,$$

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

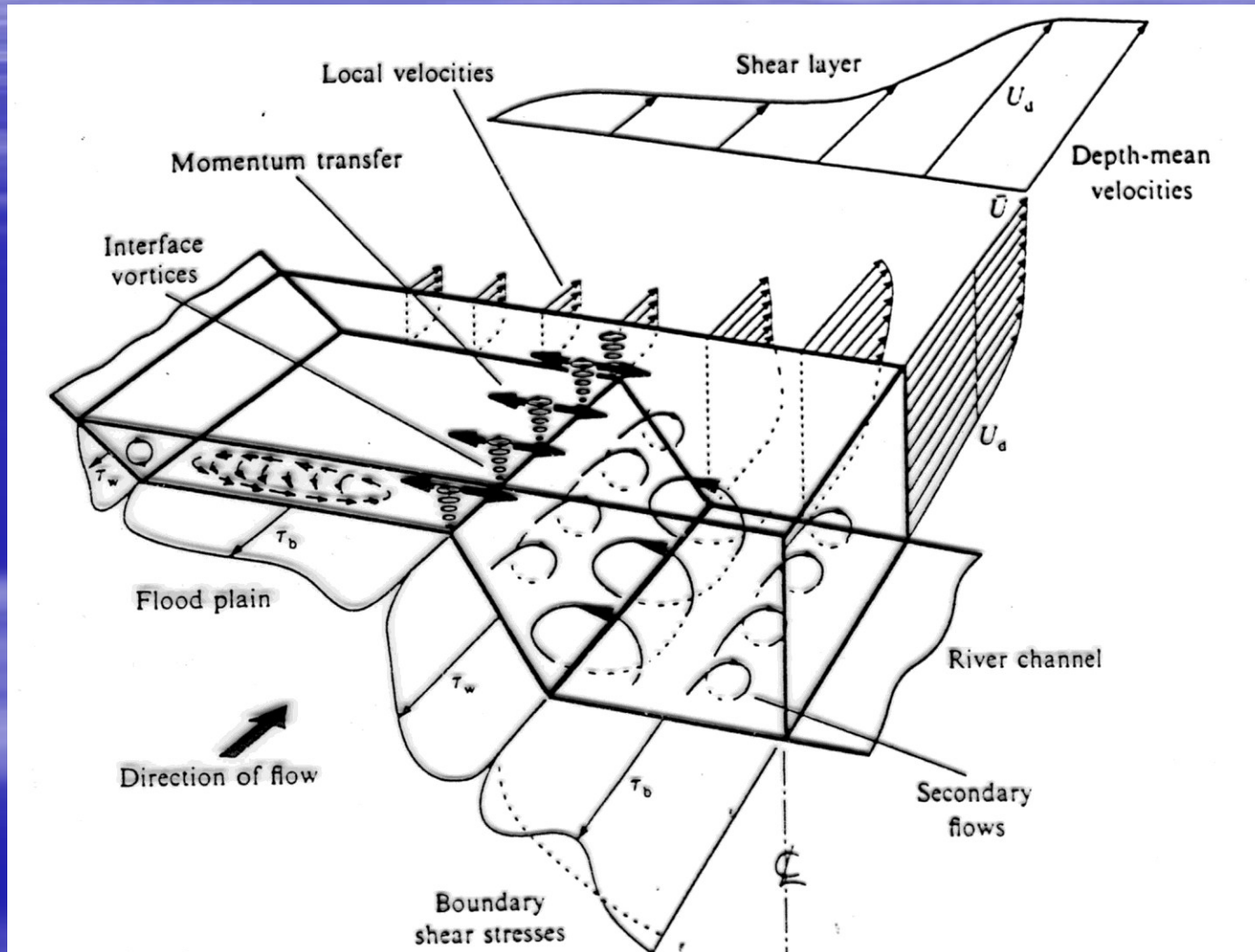
$$S = \frac{N_T}{(N_{VD} \cdot \delta)},$$

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

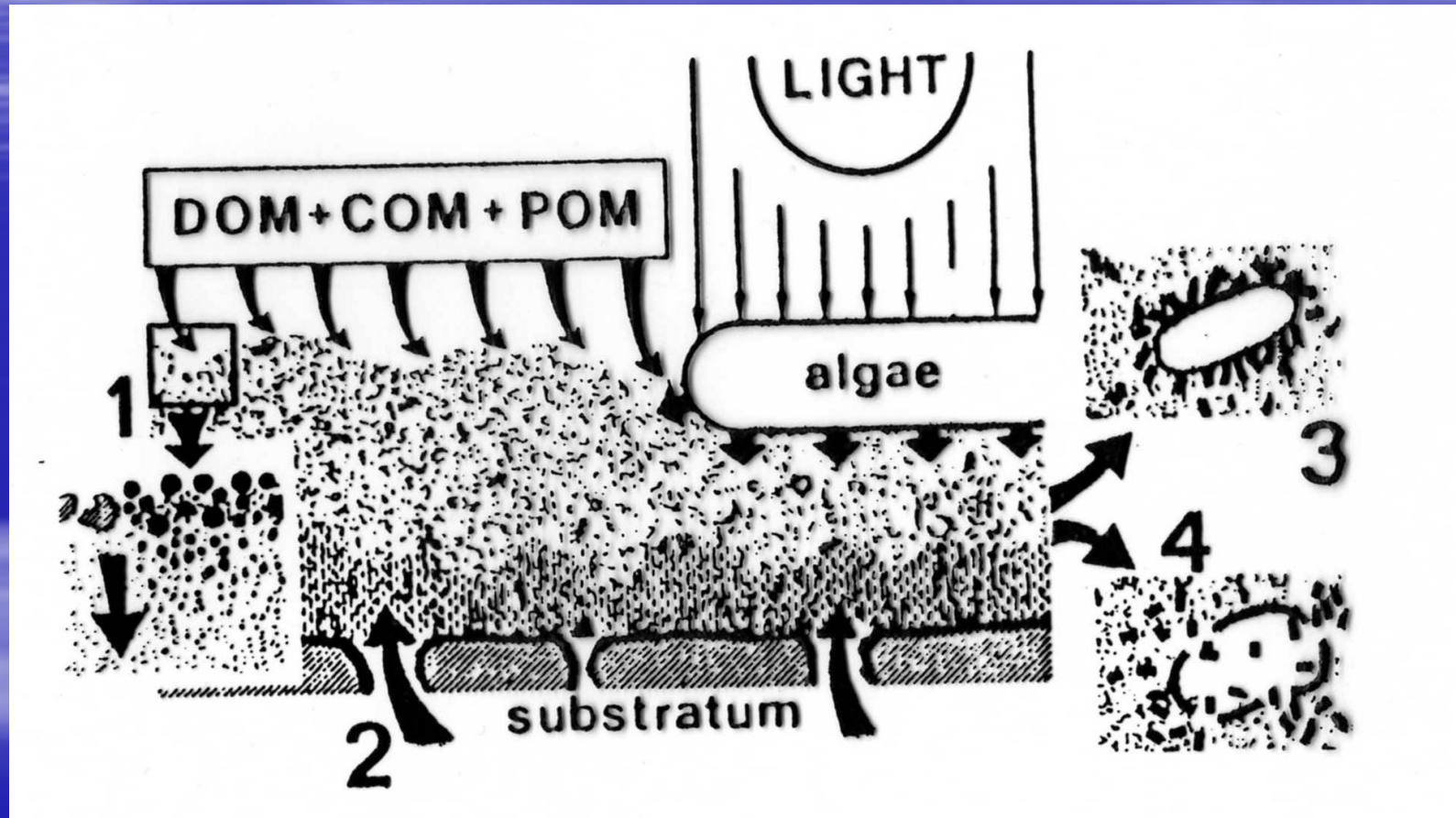
Spirální koloběh – podélný profil



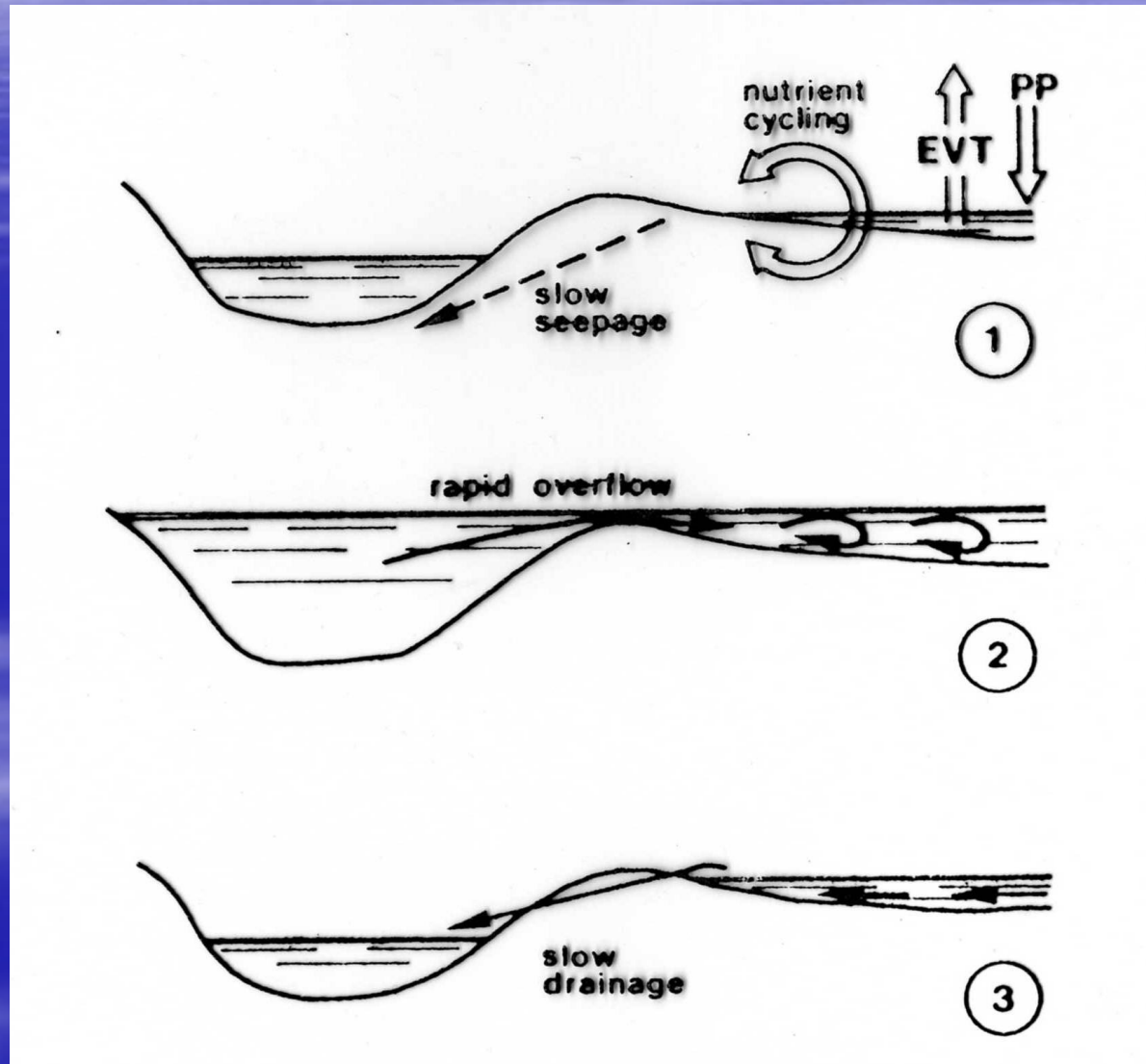
Spirální koloběh – v prostoru

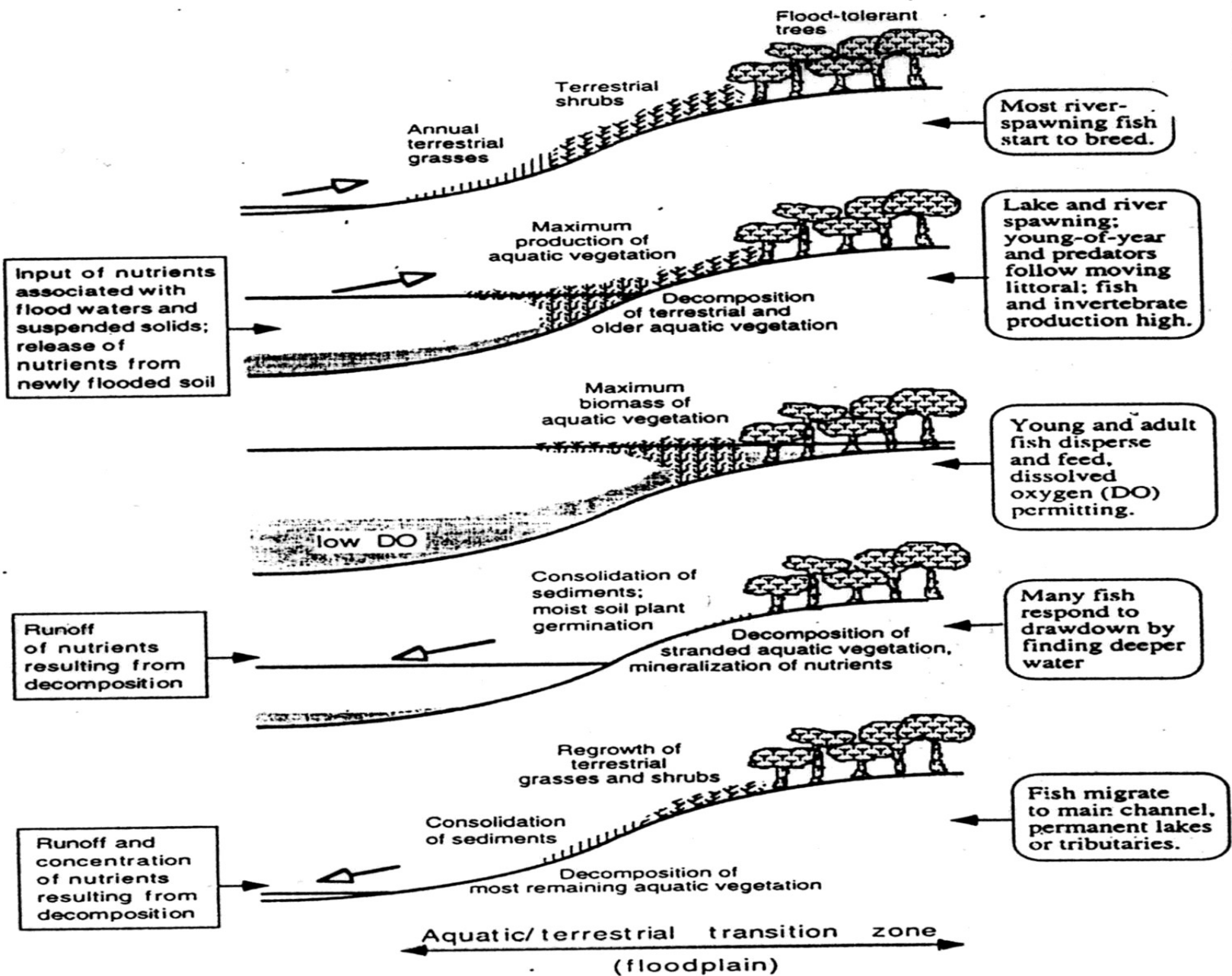


Spirální koloběh - biofilm







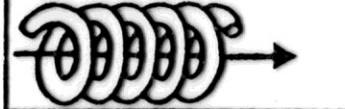







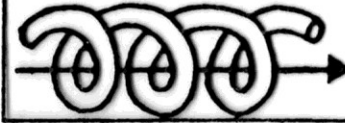



Spirální koloběh - aluvium



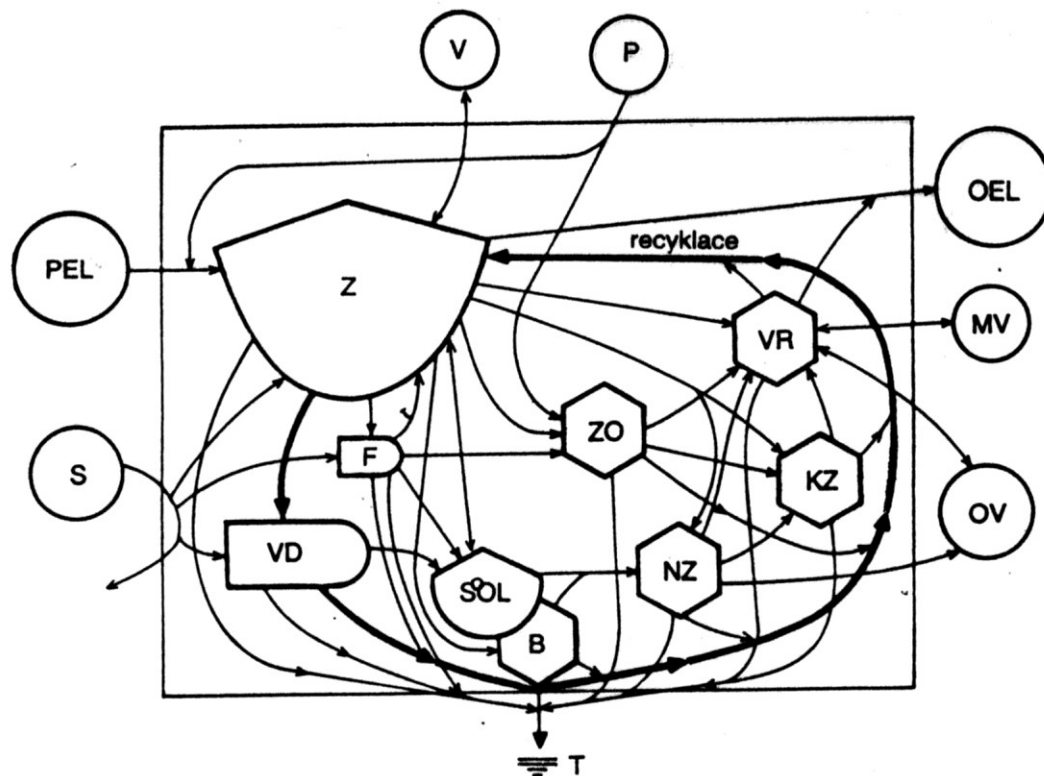


Spirální koloběh – tvary spirál

RETENTION MECHANISM	BIOLOGICAL ACTIVITY	EFFECT. ON NUTRIENT CYCLING RATE OF RECYCLING	SPIRAL LOOPS	RESPONSE ECOSYST. ADDITION NUTRIM.	STABILITY ECOSYST.
		Fast		CONSERVATIVE ($I > E$)	
		Slow		STORING ($I > E$)	
		Fast		INTERMEDIATE CONSERVATIVE ($I \geq E$)	
		Slow		EXPORTING ($I \geq E$)	

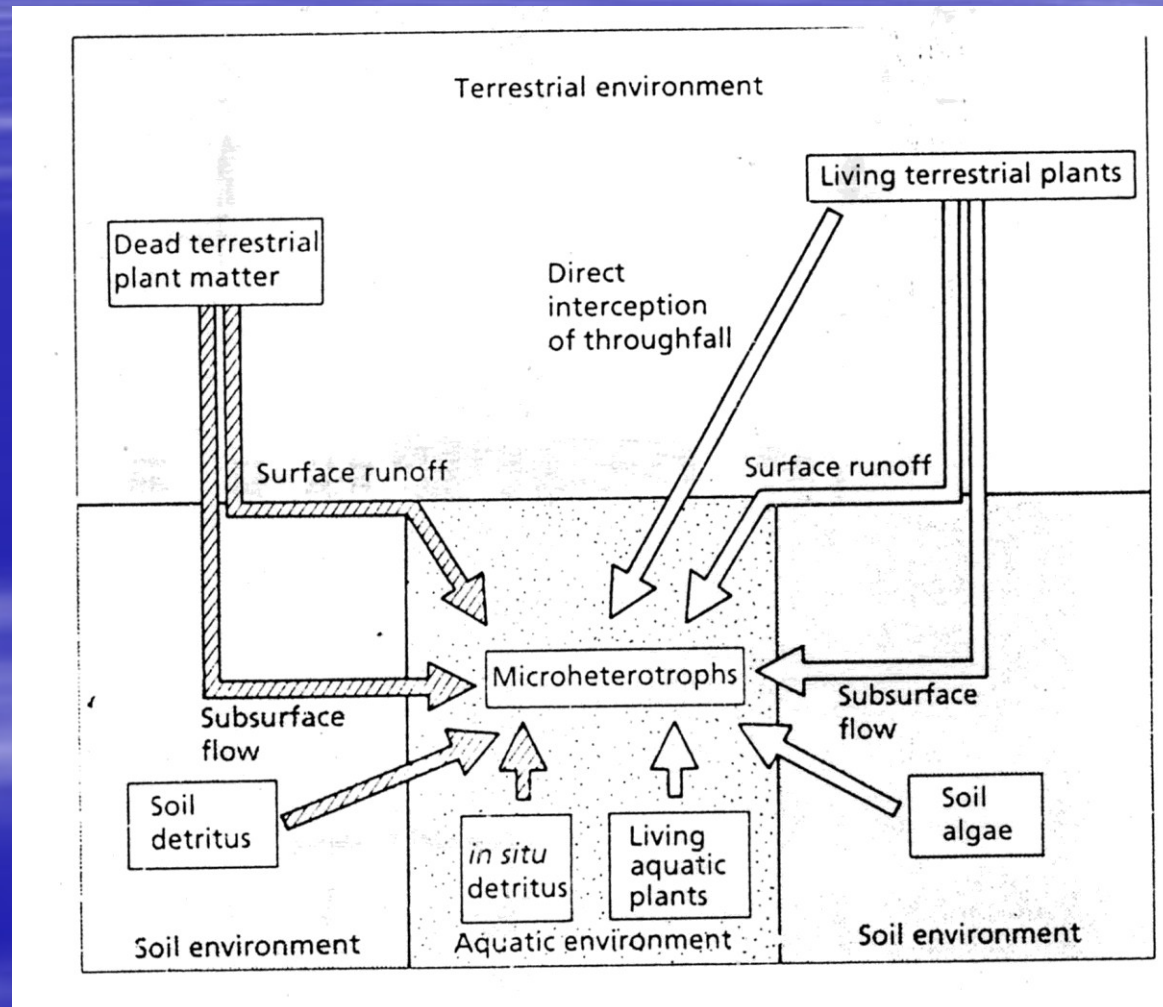
I : Import , E : Export

Spirála, organismy a toky energie

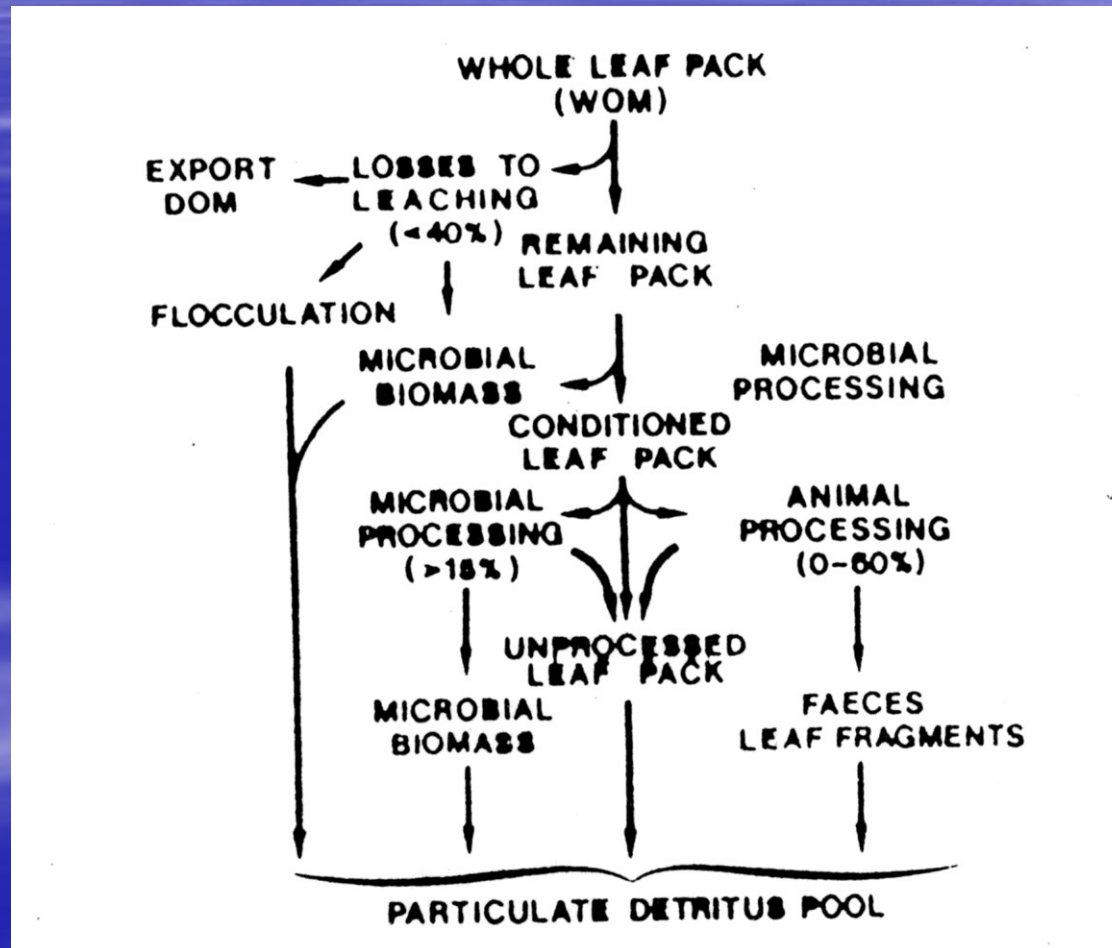


35. Základní vztahy v ekosystému tekoucích vod. Mimo zarámovanou část: V atmosféra, P podloží, OEL a PEL odsun a přísun energie a látek tokem, S sluneční záření, MV migrace a vysazování ryb, OV odlov ryb, sběr bezobratlých aj., T ztráty potenciální energie ve formě tepla. V zarámované části: Z zásobník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

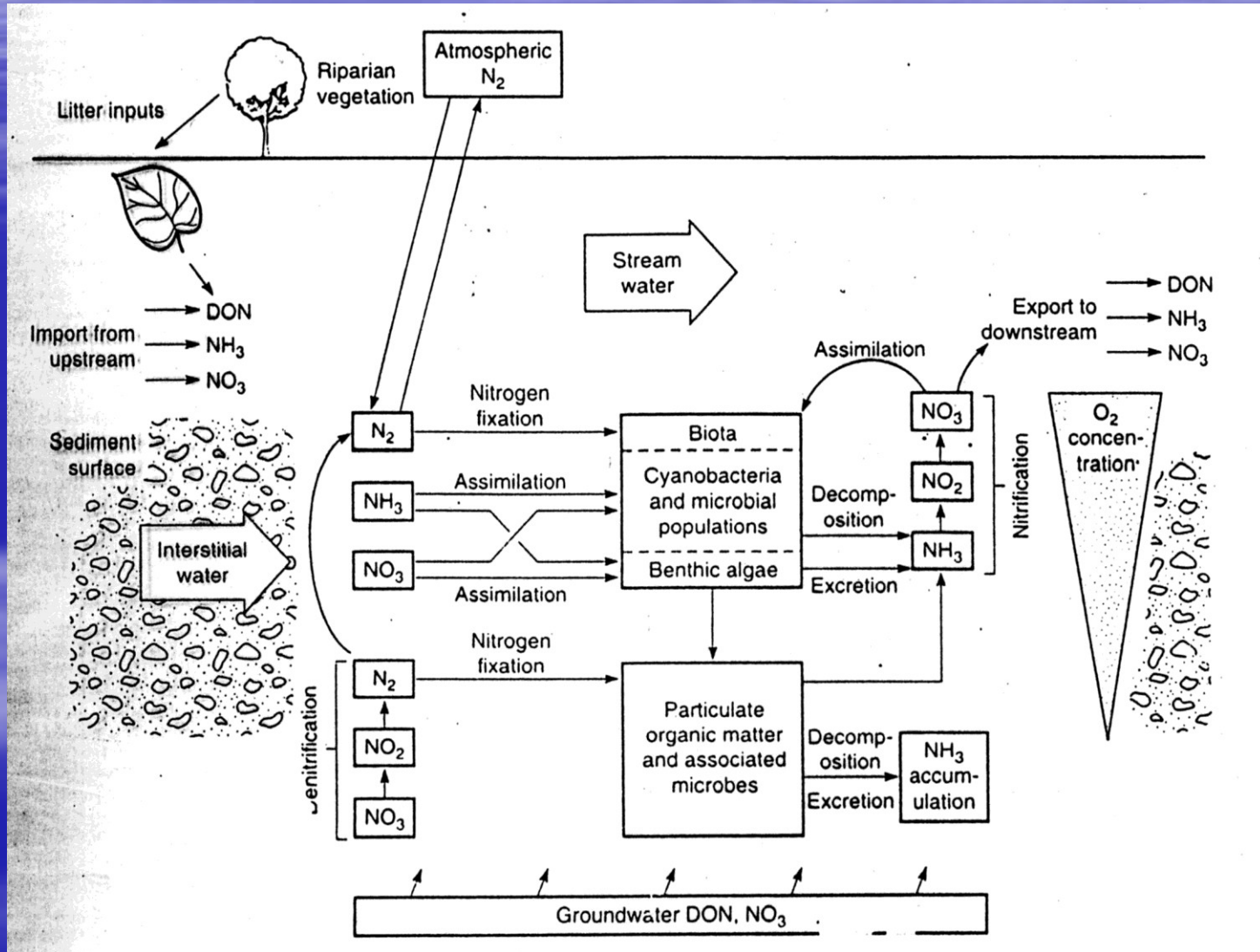
Zdroje organické hmoty



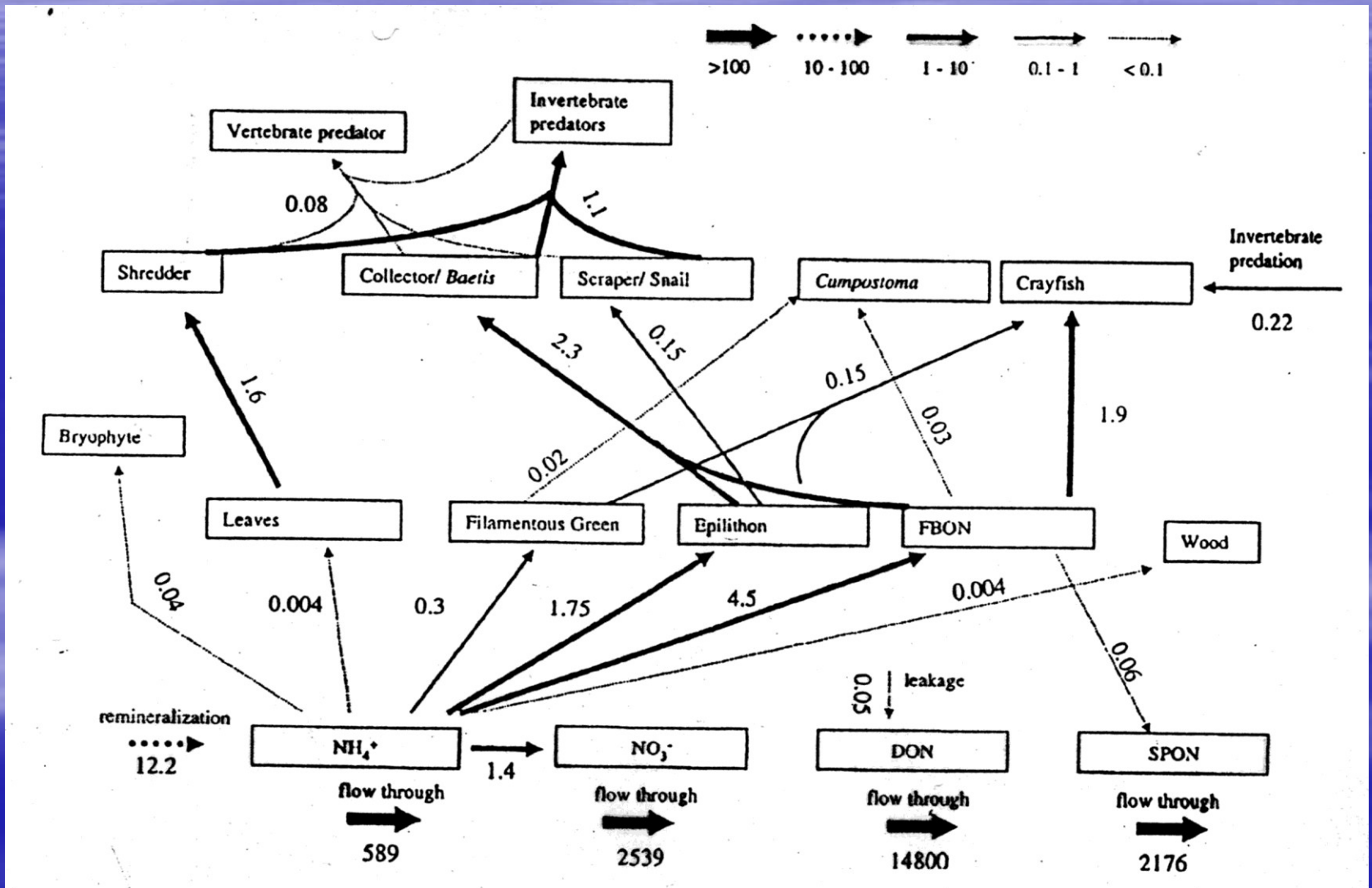
Rozklad organické hmoty



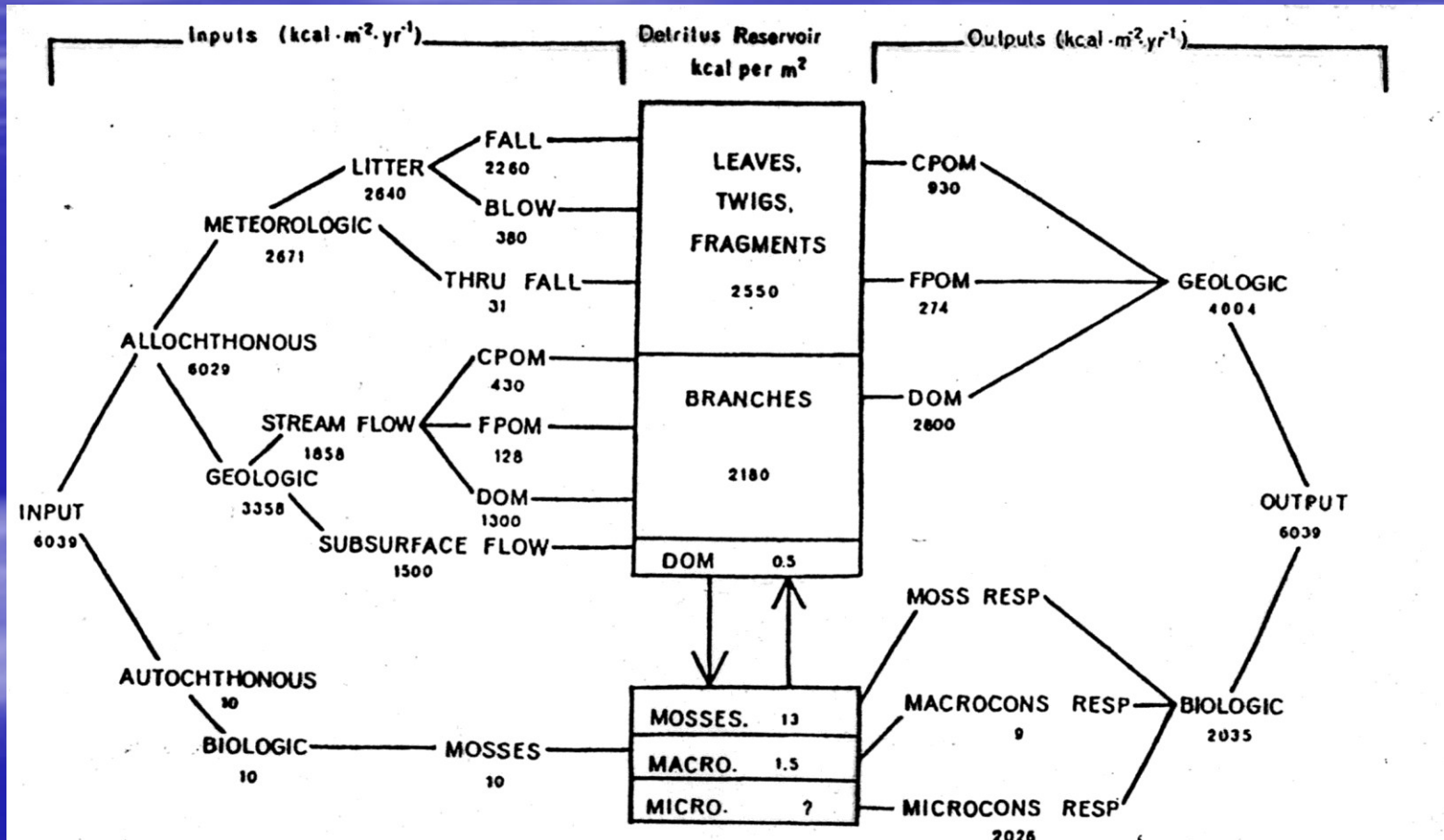
Koloběh a transformace N



Tok dusíku systémem – mgN/m²/d

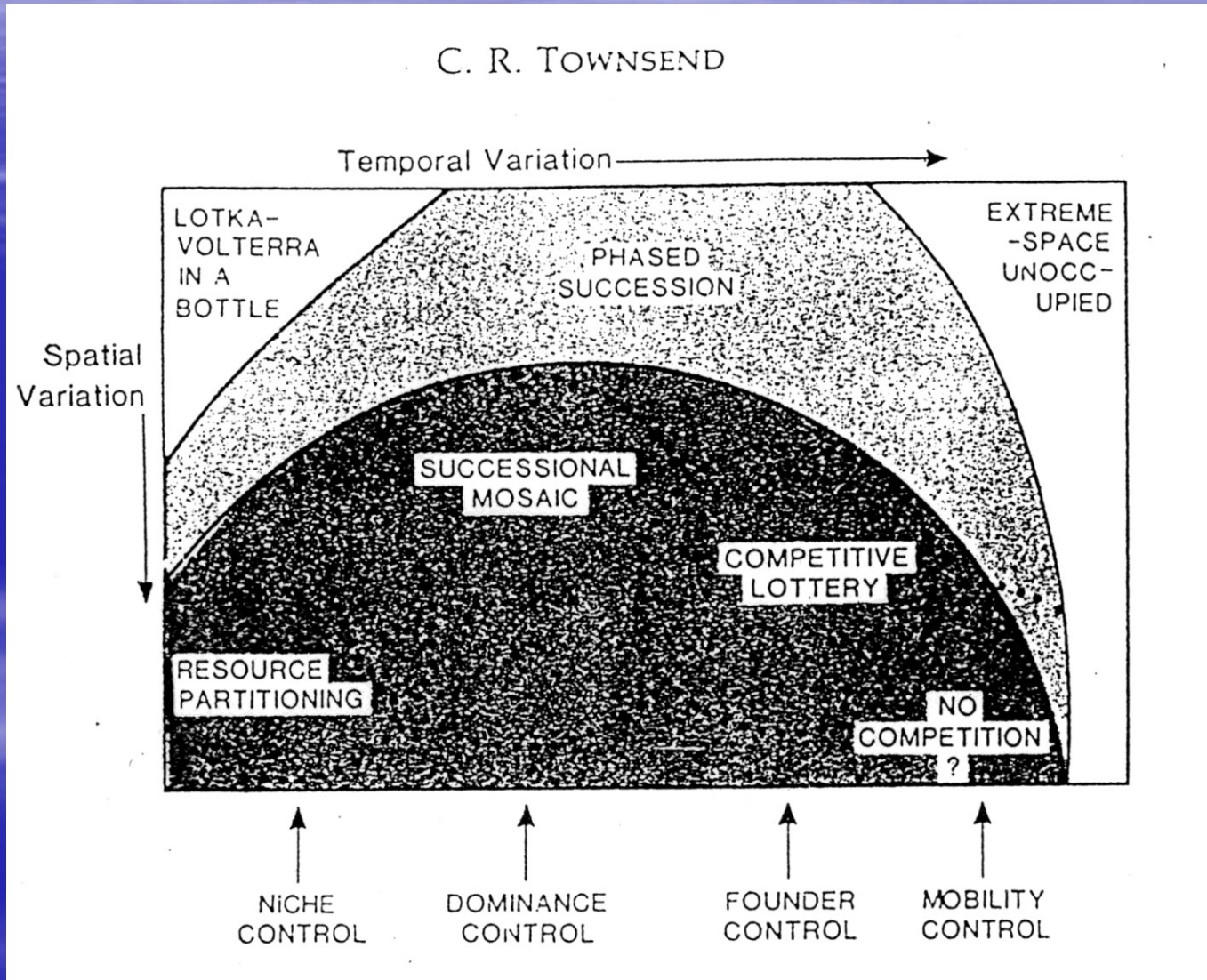


Tok energie systémem (rok)



Kolonizace a sukcese

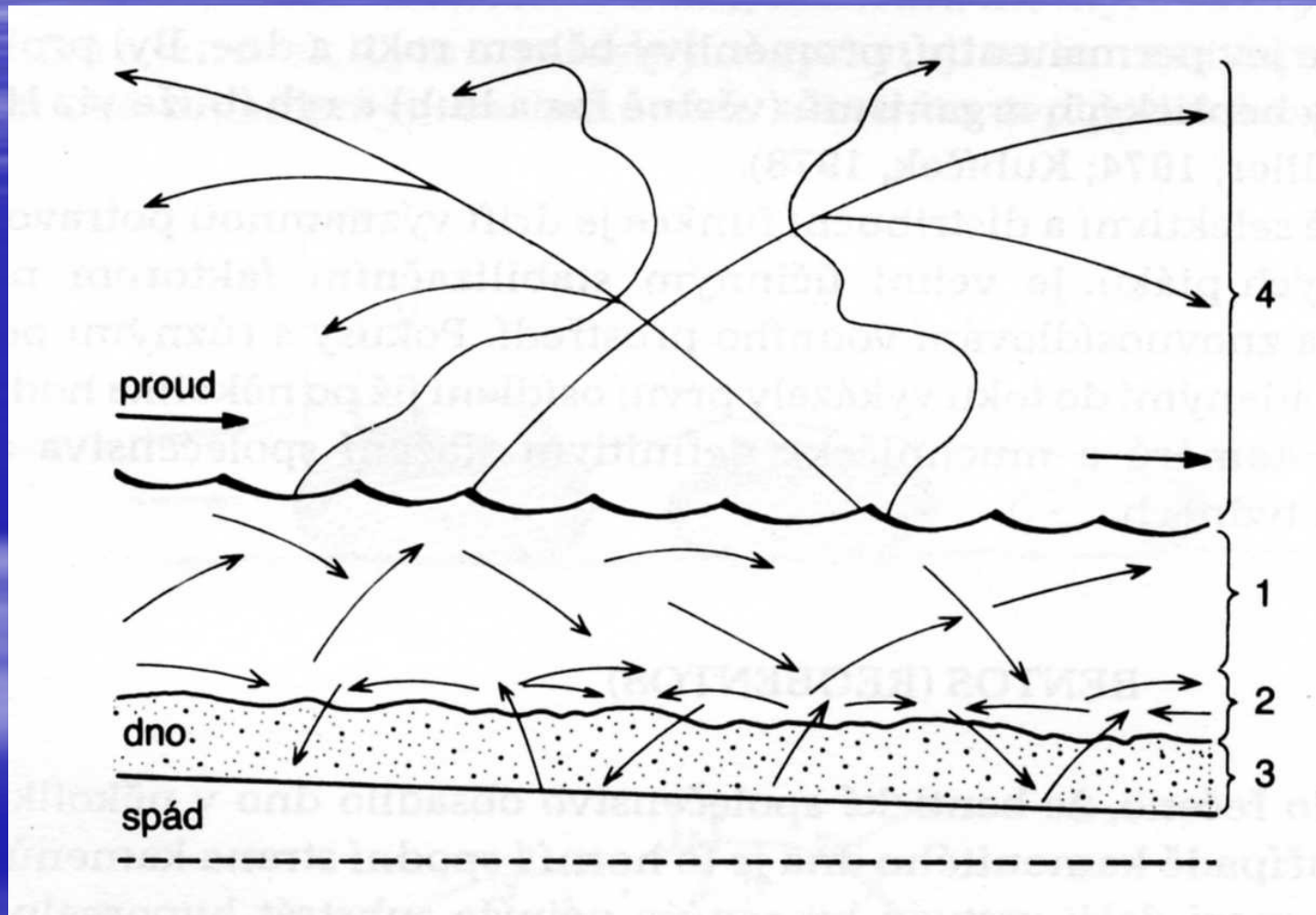
Koncept
dynamické
mozaiky



Drift – sukcesní a udržování 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)

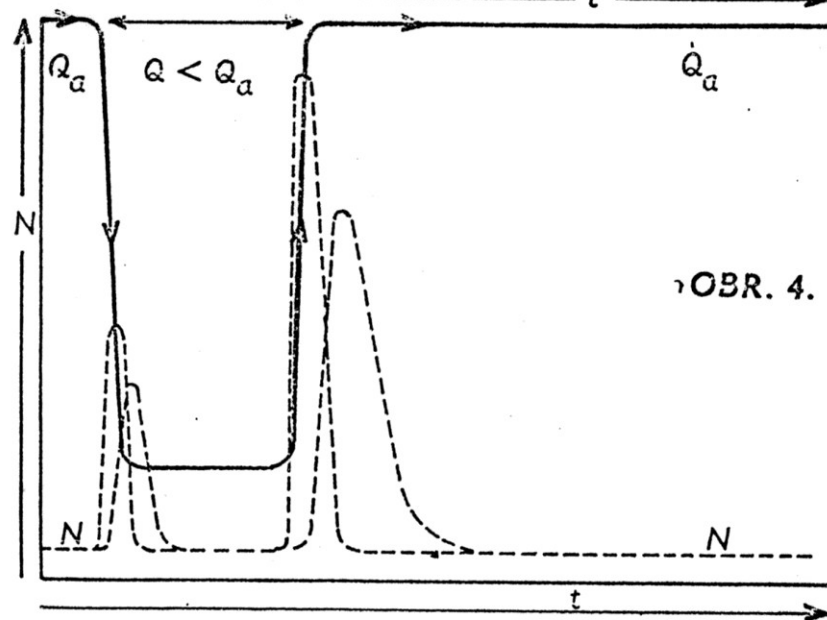
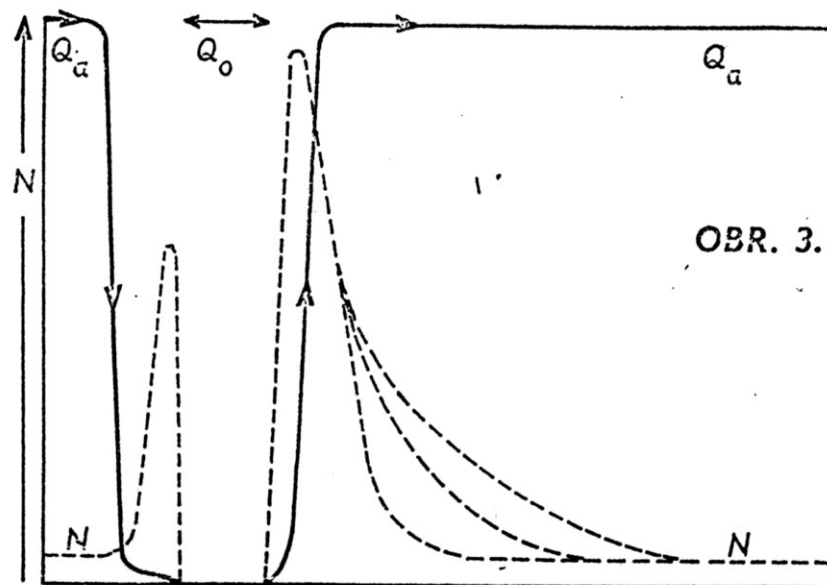
Drift – sukcesní a udržovací mechanismus



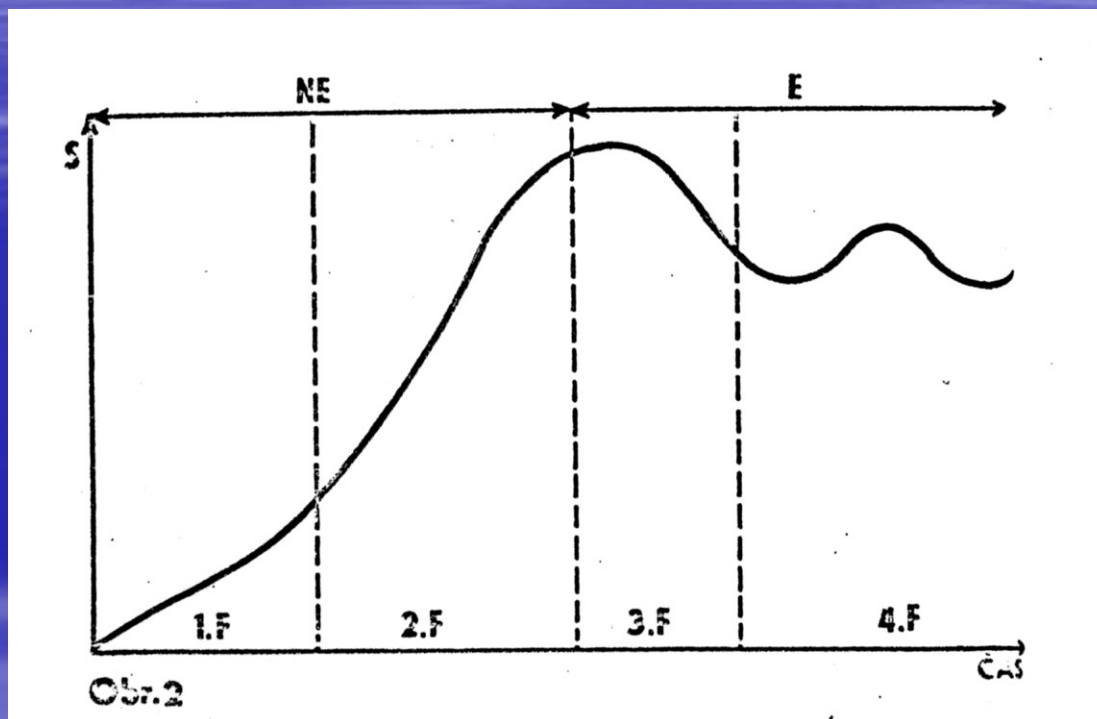
Drift - příčiny

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

Drift – změny průtoku



Obecná sukcesní křivka



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 - Ancyclus, vodní hmyz (Ephemeroptera, Diptera -
Chironomidae)

LARVY, VYVOJOVÁ STADIA - Amphipoda, Ostracoda, Cyclopoida,
Plecoptera, Diptera

KUKLY - Diptera - Tipulidae

DOSPÉLCI - 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 carrying 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 (50 μm až 1mm) a makrobentos (více jak 1mm)

Pozice meiobentosu v systému

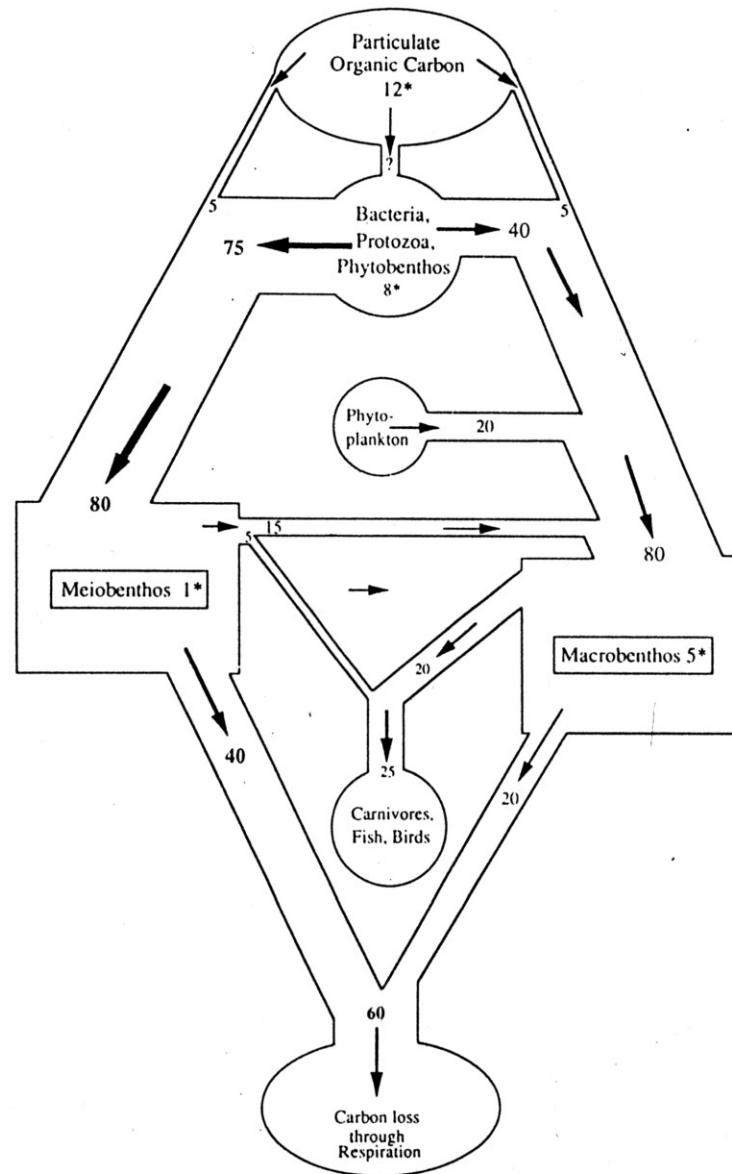
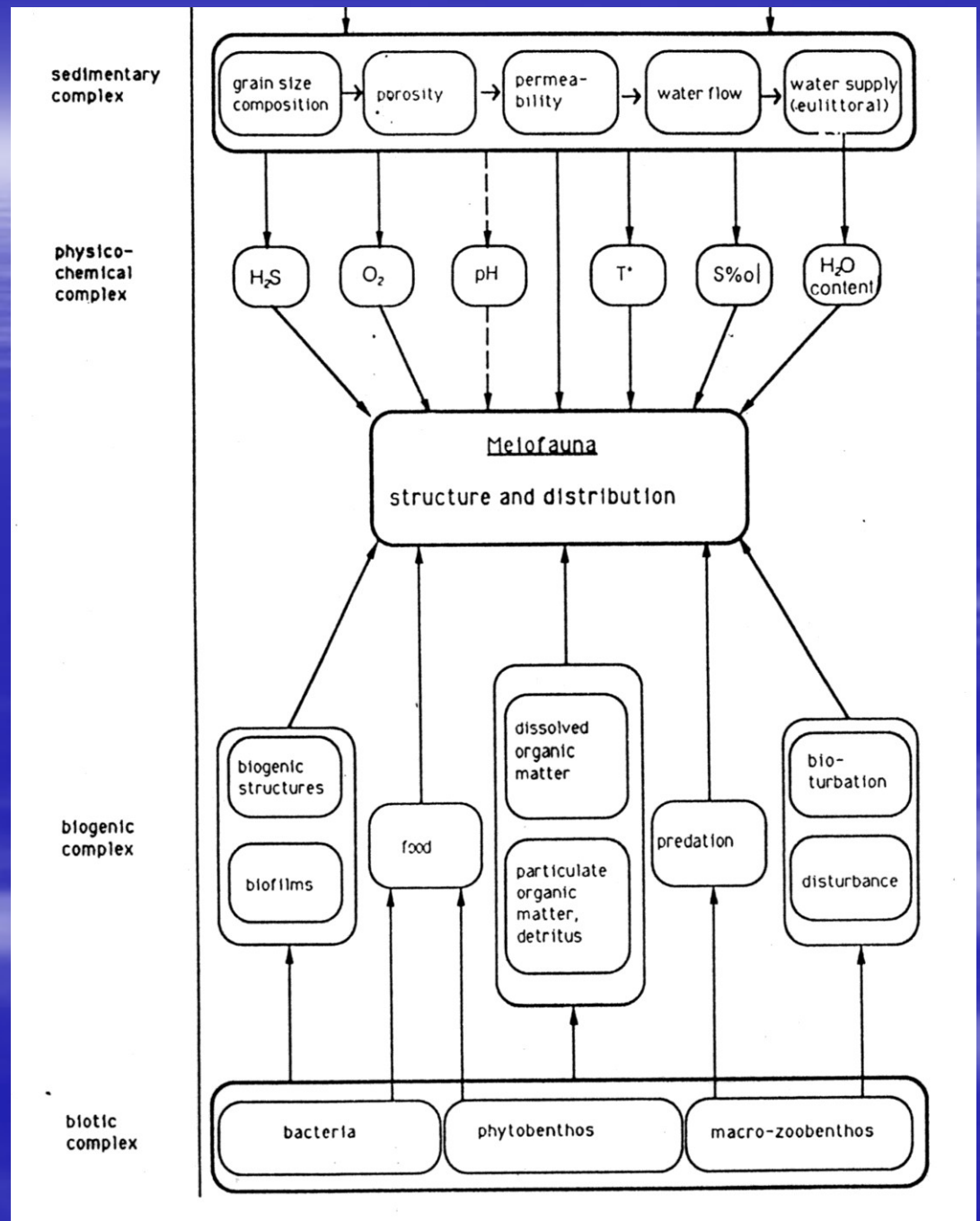
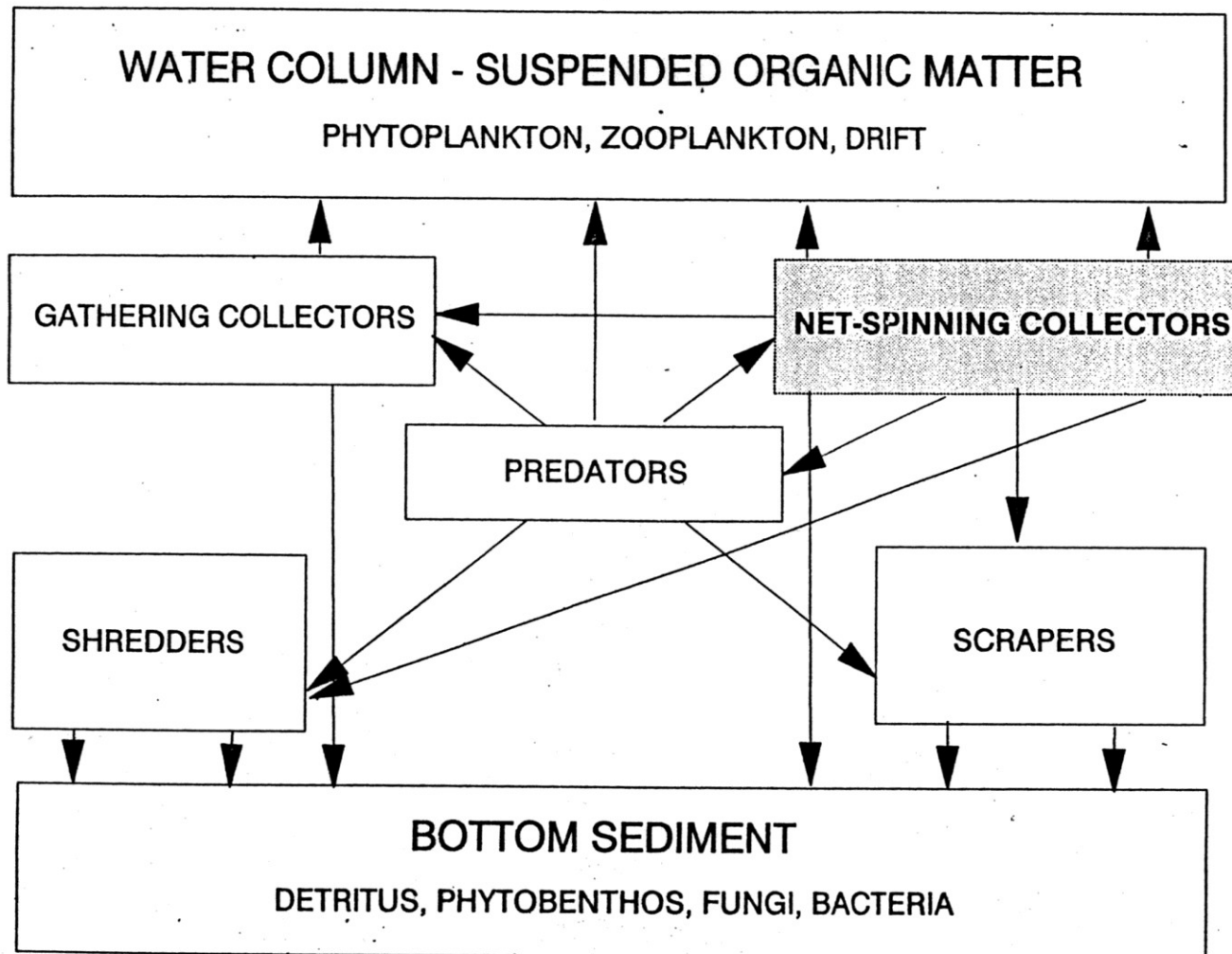


Fig. 102. The role and position of meiobenthos in a compilatory energy flow diagram. (After PLATT 1981); numbers reflect relative rates of carbon production ($\text{g C m}^{-2} \text{yr}^{-1}$), numbers with asterisks represent biomass values (g C m^{-2})

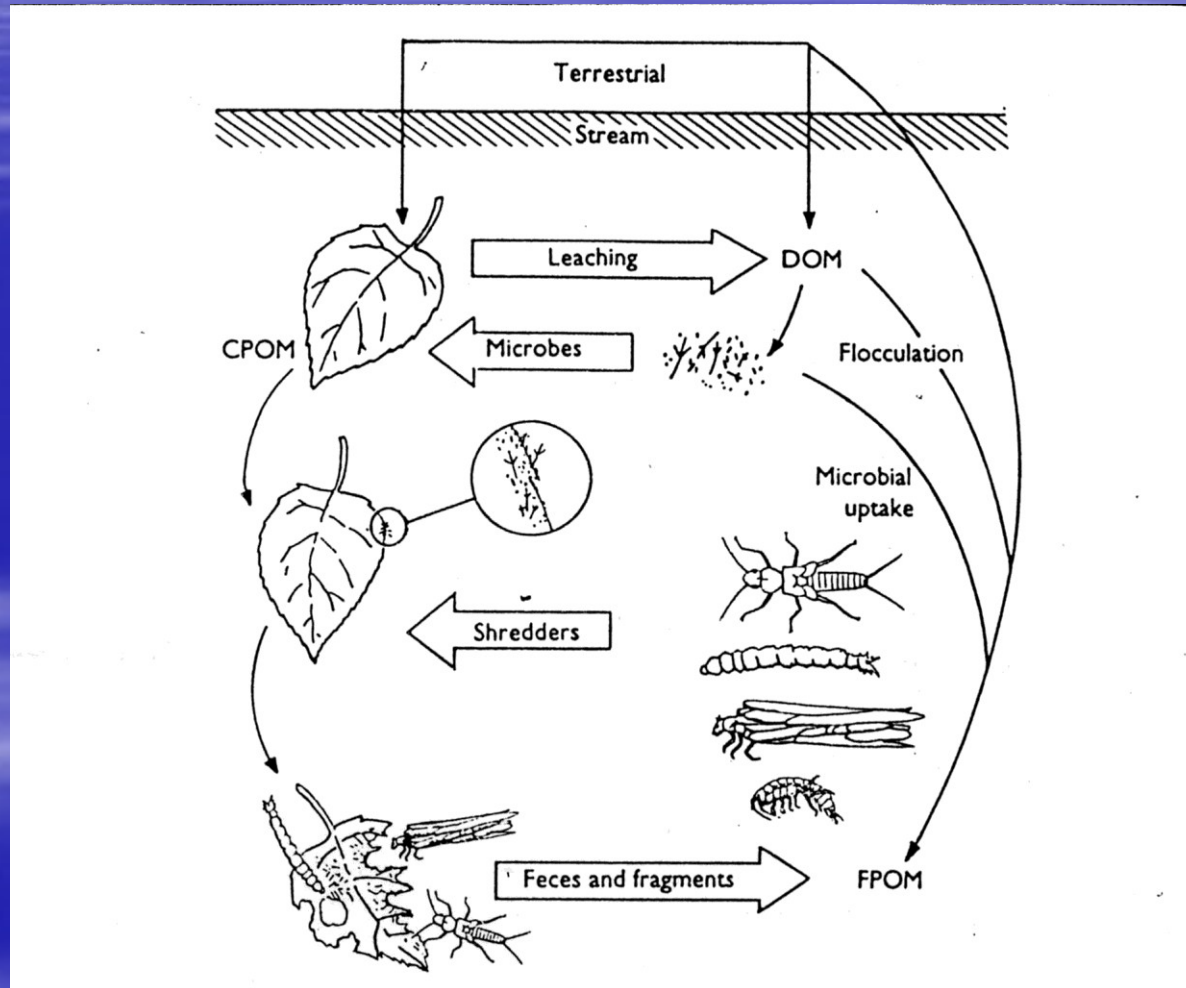
Podmínky pro meiobentos



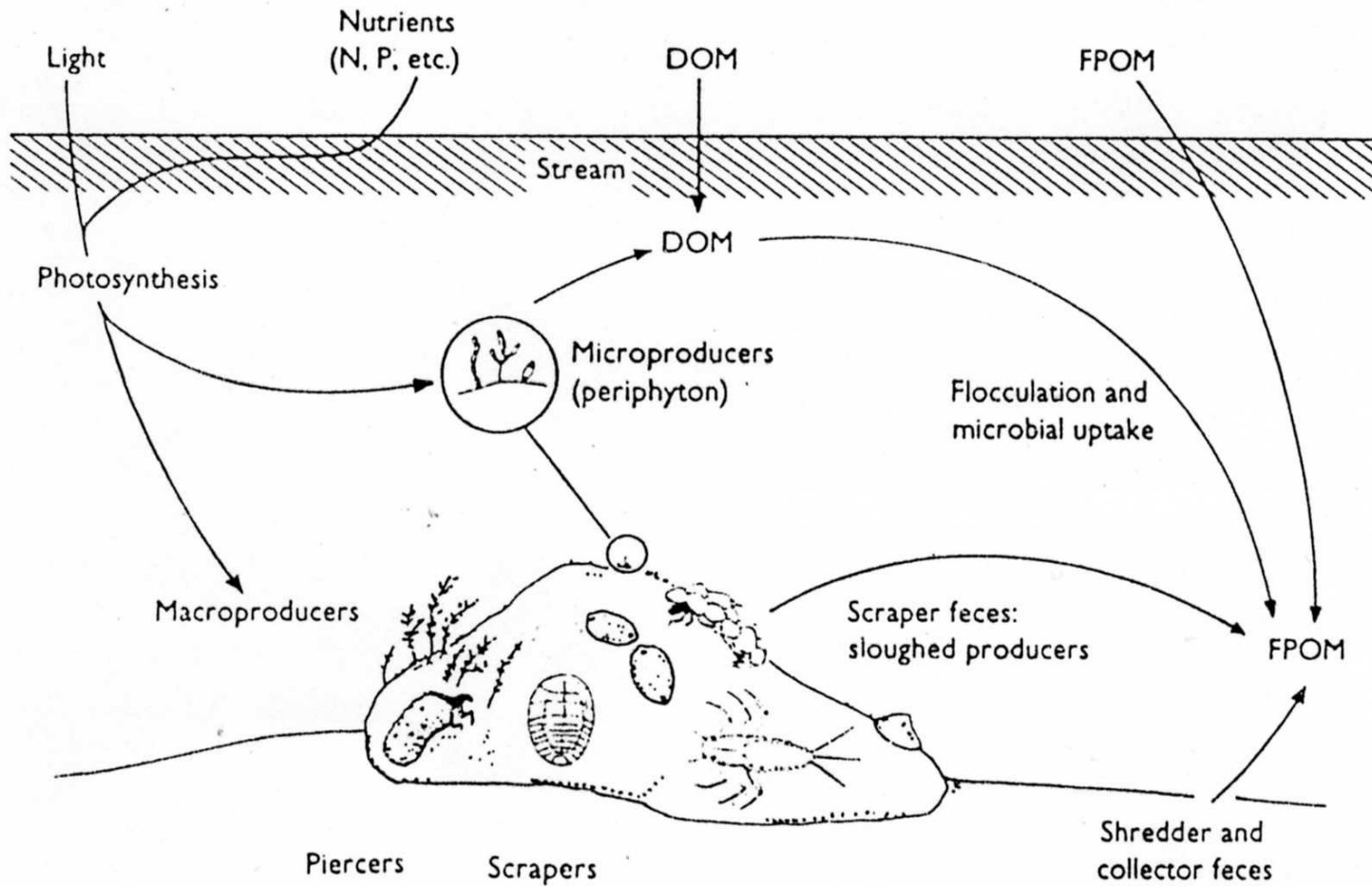
Makrozoobentos – potravní specializace



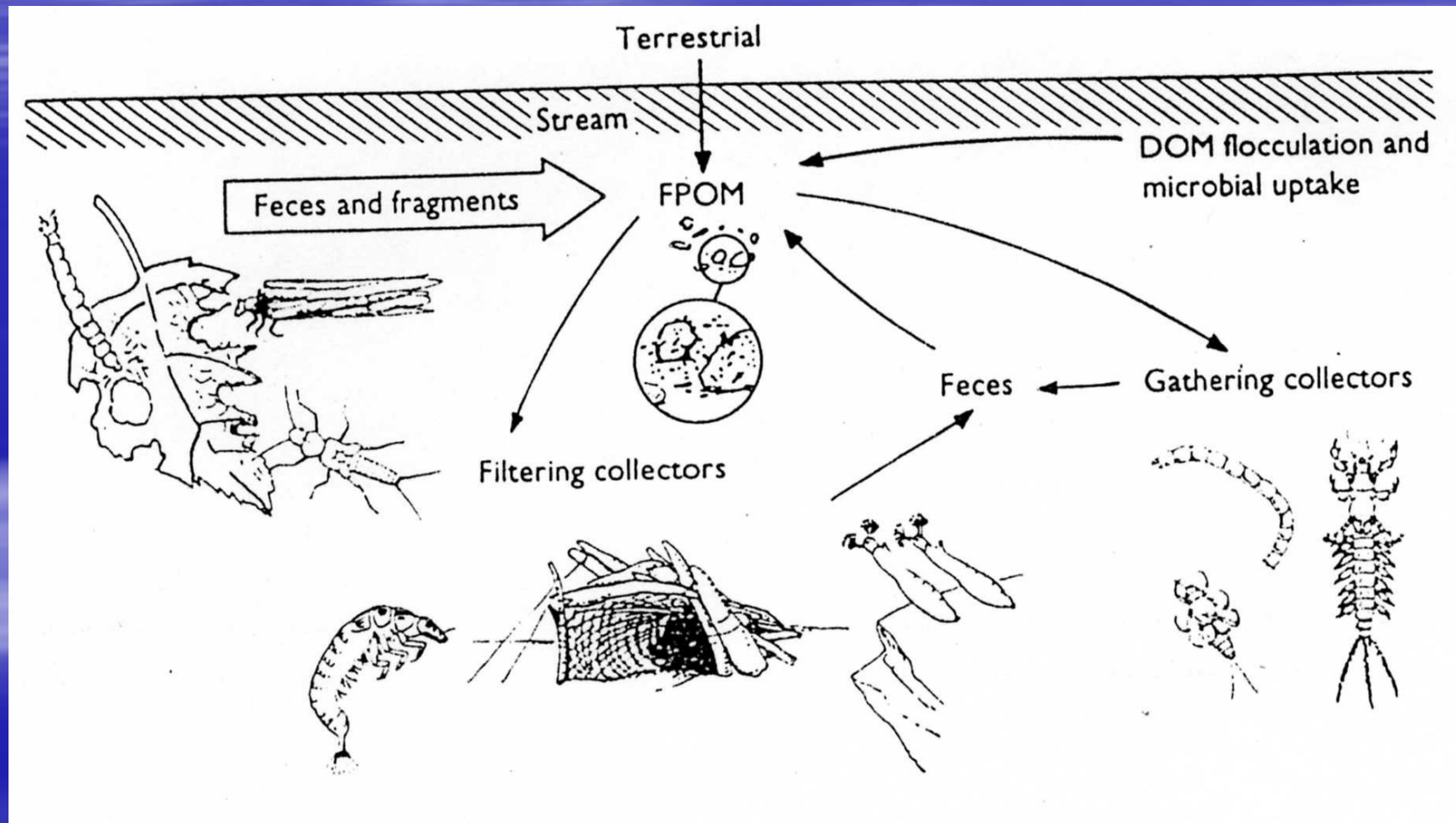
Kouskovači - drtiči



Seškrabávači (spásači)



Sběrači (aktivní – filtrující - sítě stavějící)



Potravní síť tekoucích vod

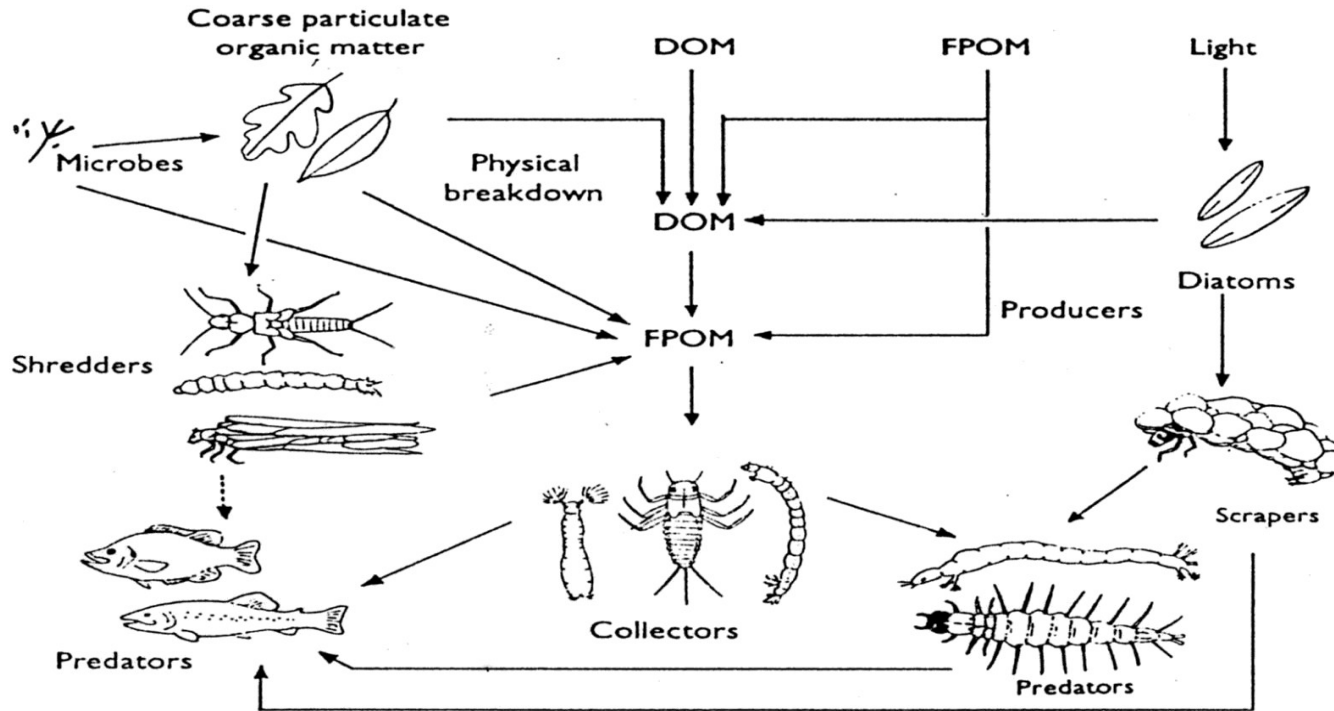
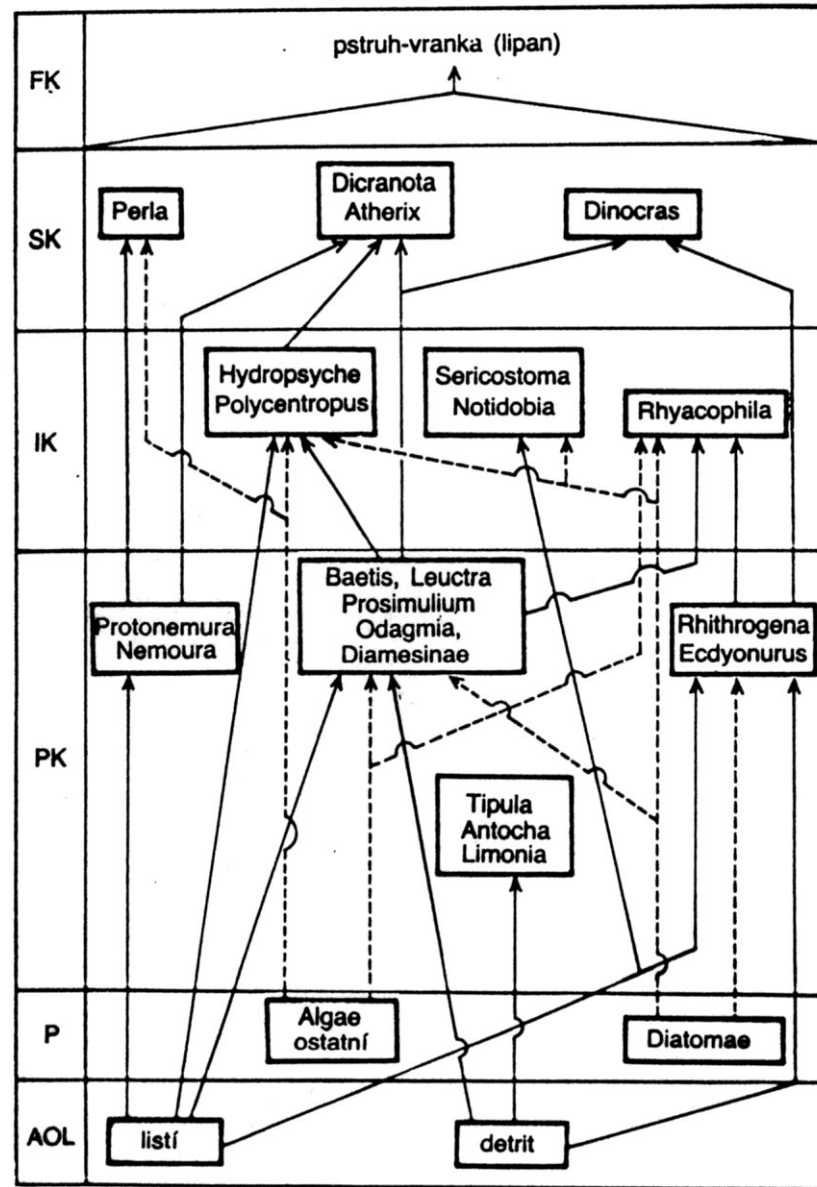


FIGURE 6.14 Lotic food webs. (a) A simplified view of a food web in a woodland stream. Energy inputs include fallen leaves, subsequently colonized by microbes; small autotrophs, primarily diatoms; and DOM and FPOM, originating from external sources and upstream. Feeding categories are based on divisions 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) *Potamo-phylax cingulatus*. Predators include: (t) *Macropelopia goetghebueri*; (u) *Trissopelopia longimana*, (v) *Zavrelimyia barbatipes*, (w) *Plectrocinemia conspersa*, (x) *Sialis fuliginosa*. Note that the predator *Sialis* can be four energy transfers removed from the base of the food web. (Modified from Hildrew *et al.*, 1987.)

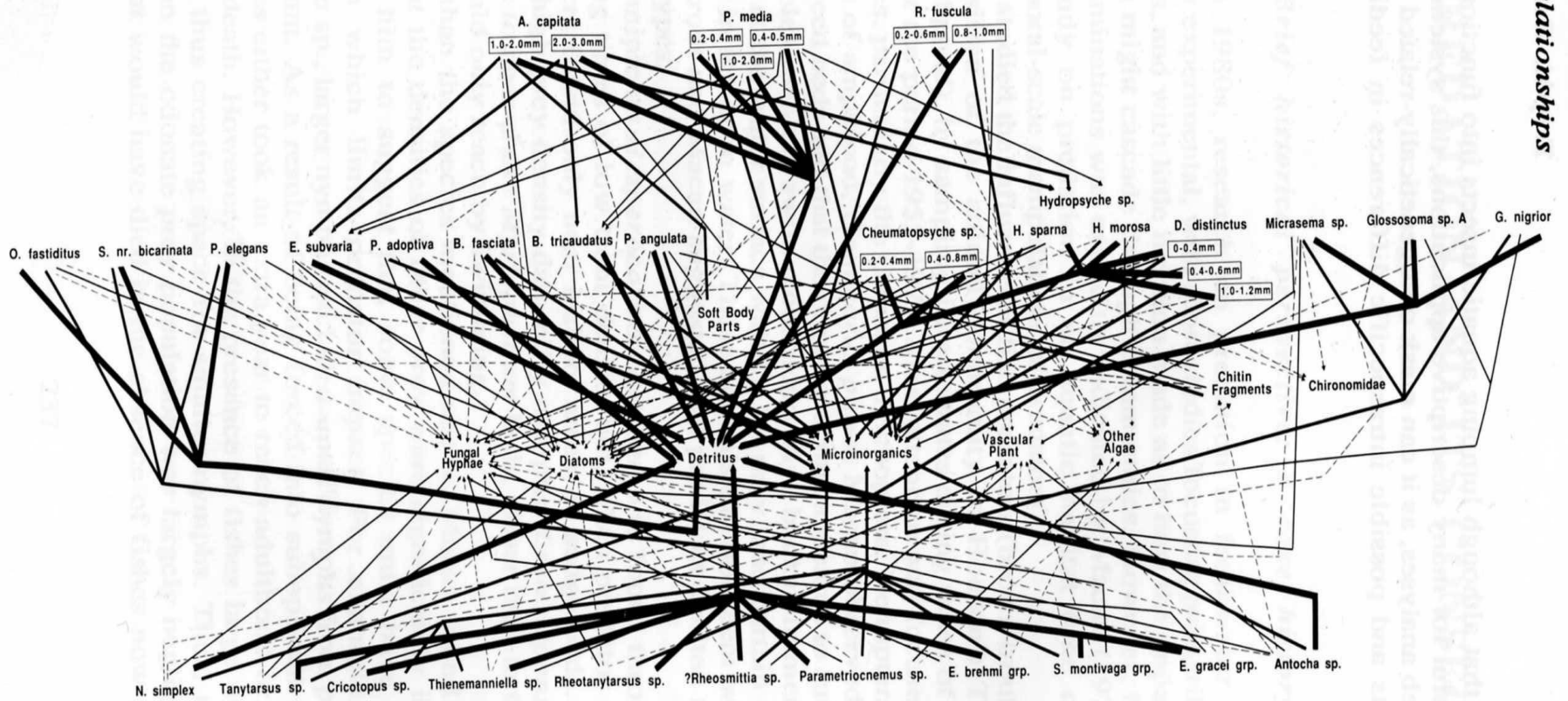
Reálný příklad – pstruhový potok



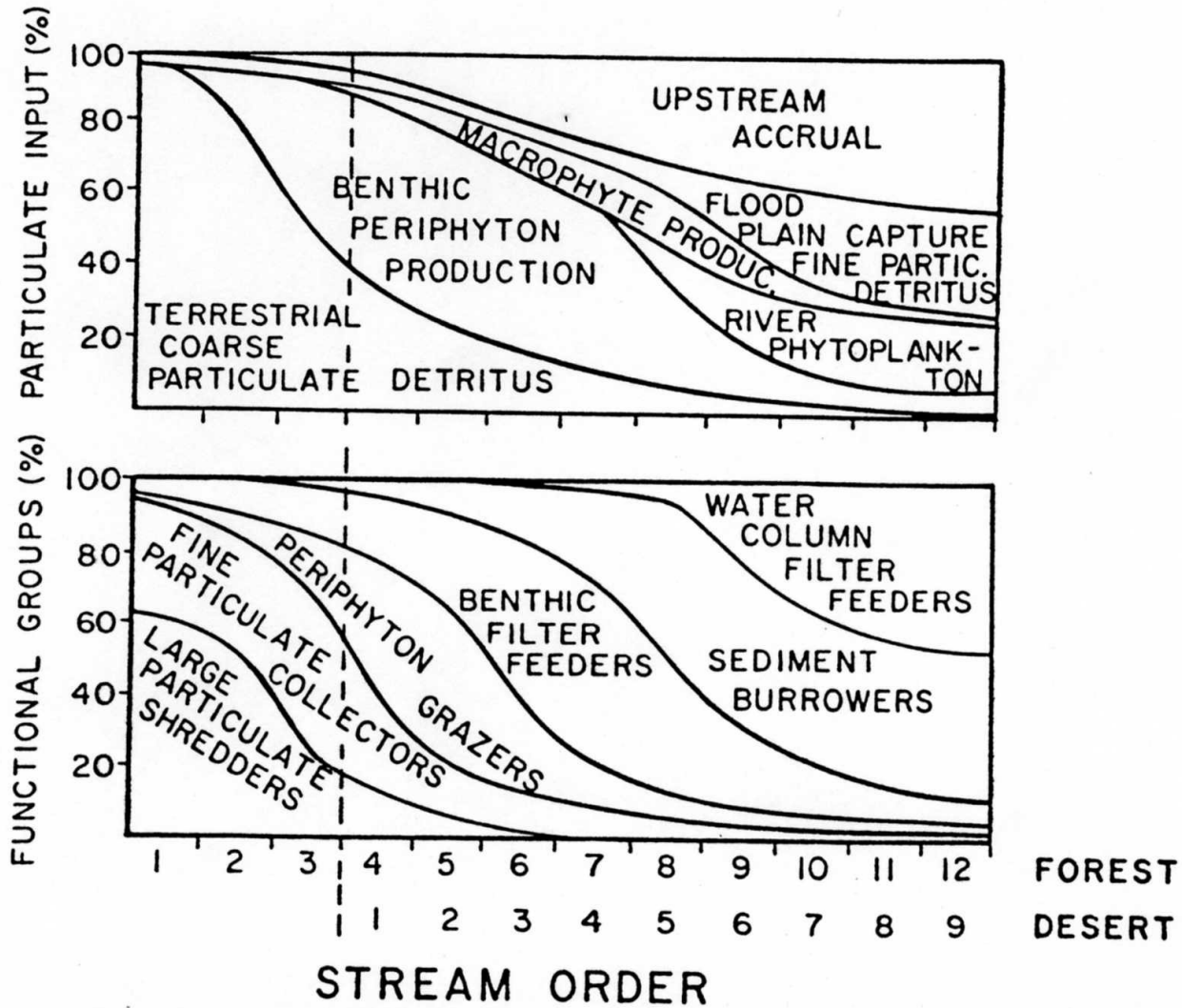
41. Schéma potravní sítě na příkladu beskydského pstruhového potoka: AOL allochtonní a autochtonní organické látky, P producenti, PK primární konzumenti, IK intermediární konzumenti, SK sekundární konzumenti, FK vodní finální konzumenti (Kubíček, 1979)

Potravní síť – Duffin Creek

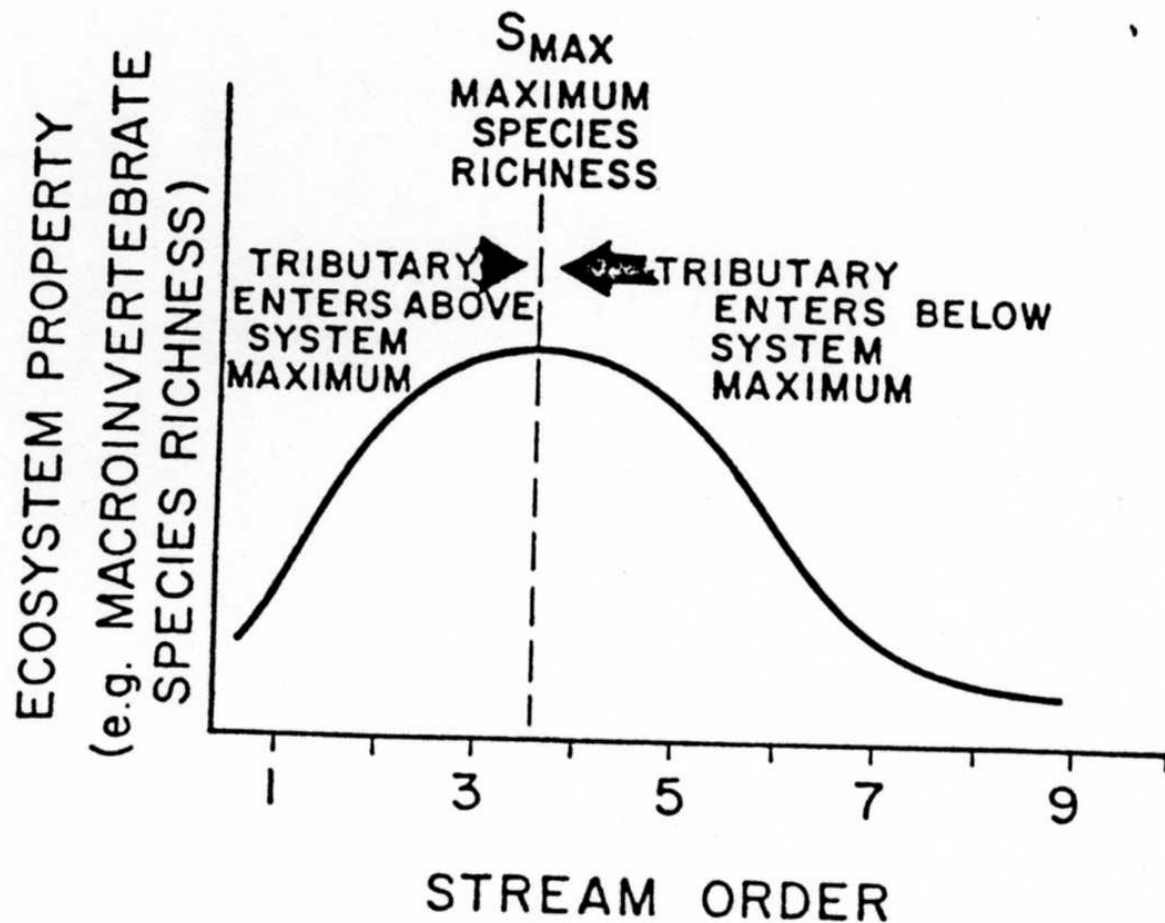
Trophic Relationships



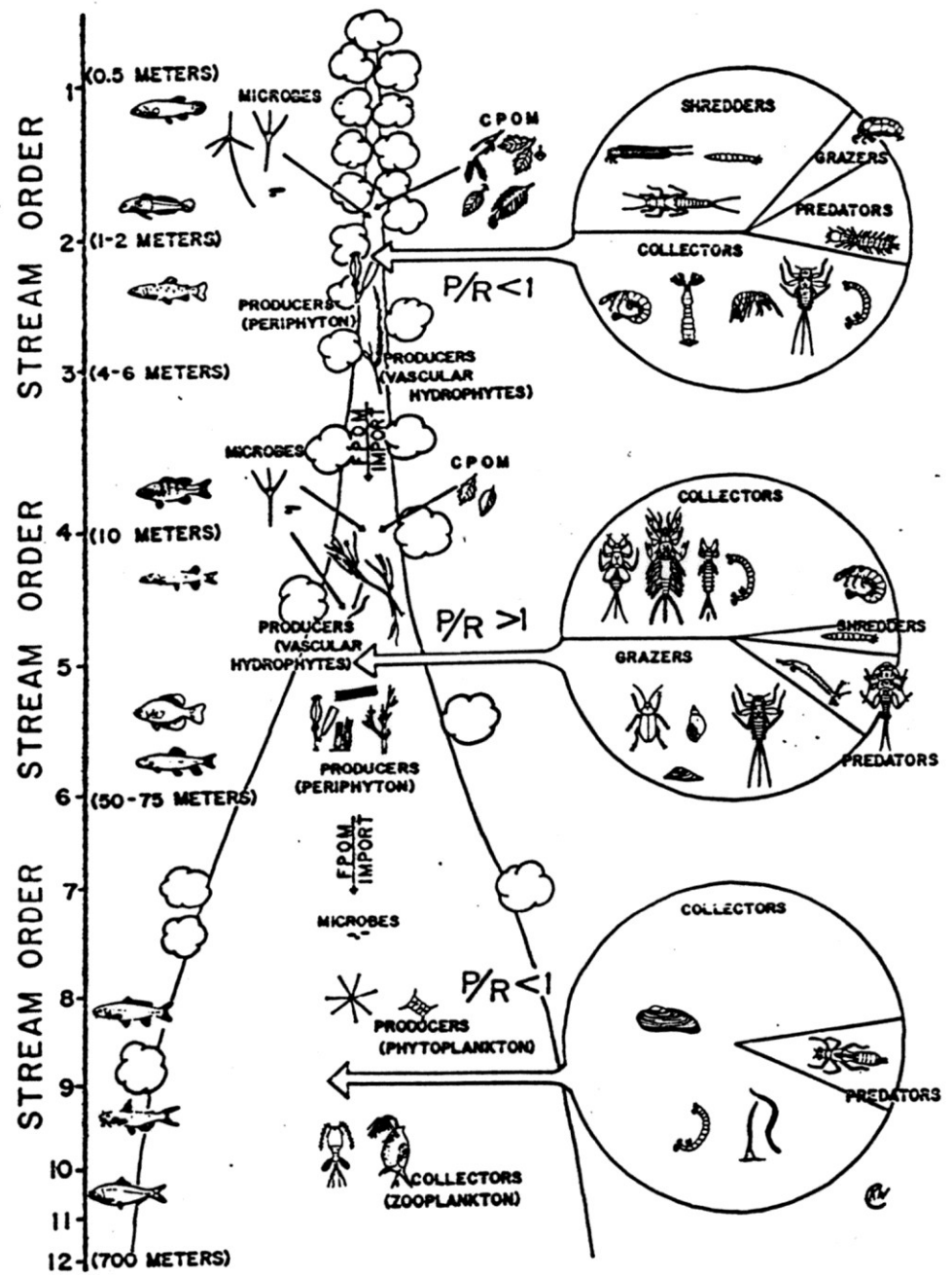
Podélný profil



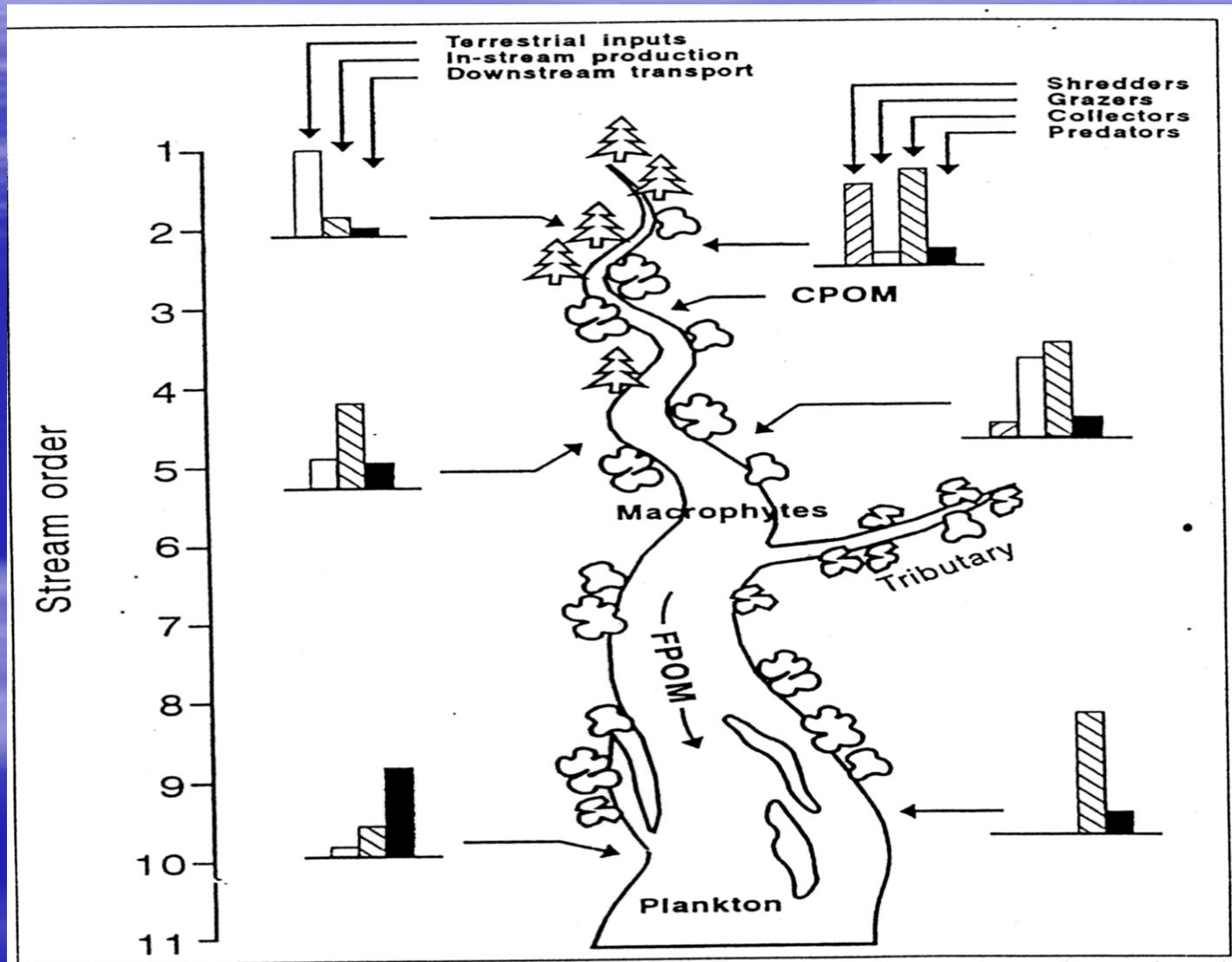
Podélný profil – vývoj druhové bohatosti, diverzity



Koncepce říční návaznosti



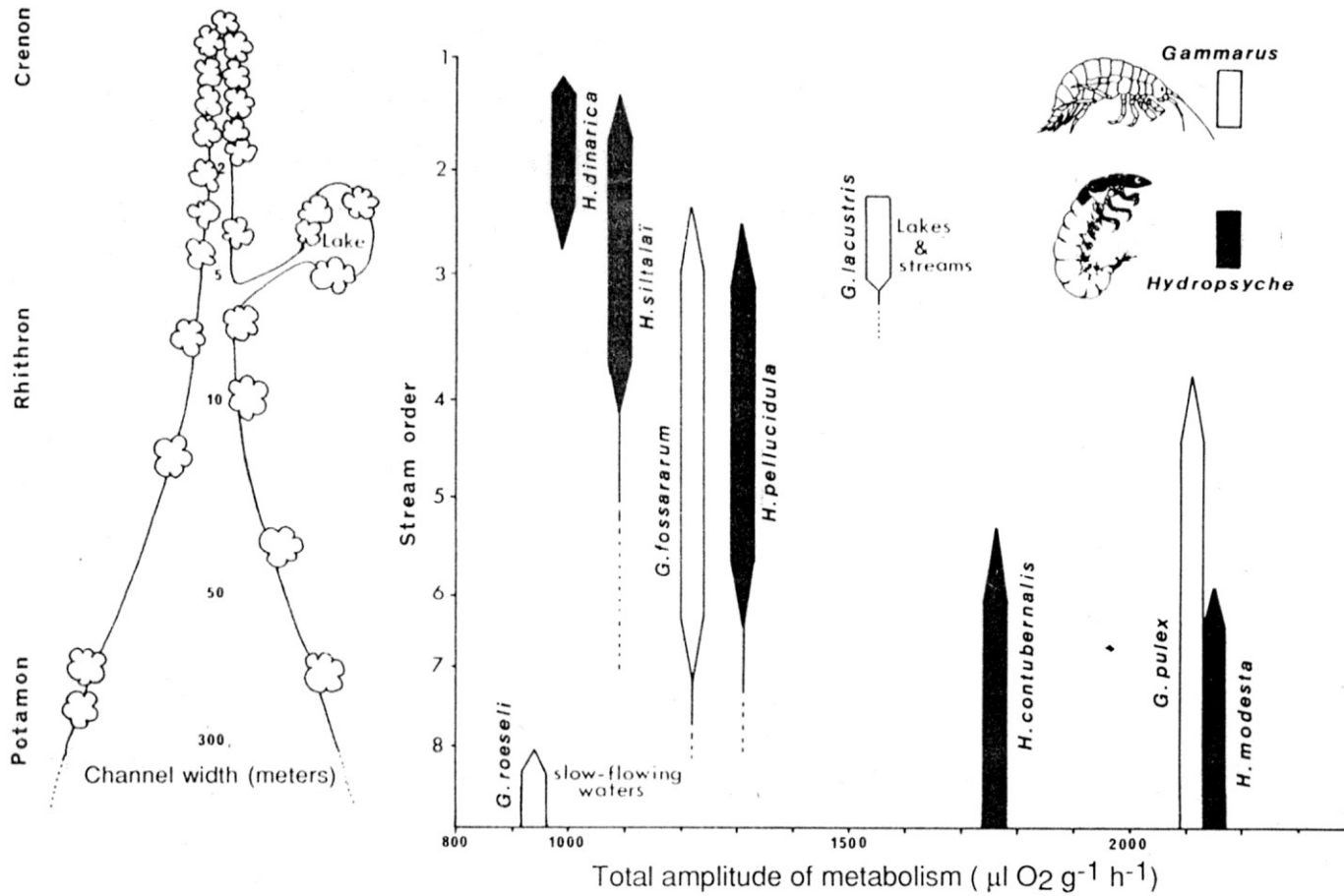
RCC – vstupy org. hmoty



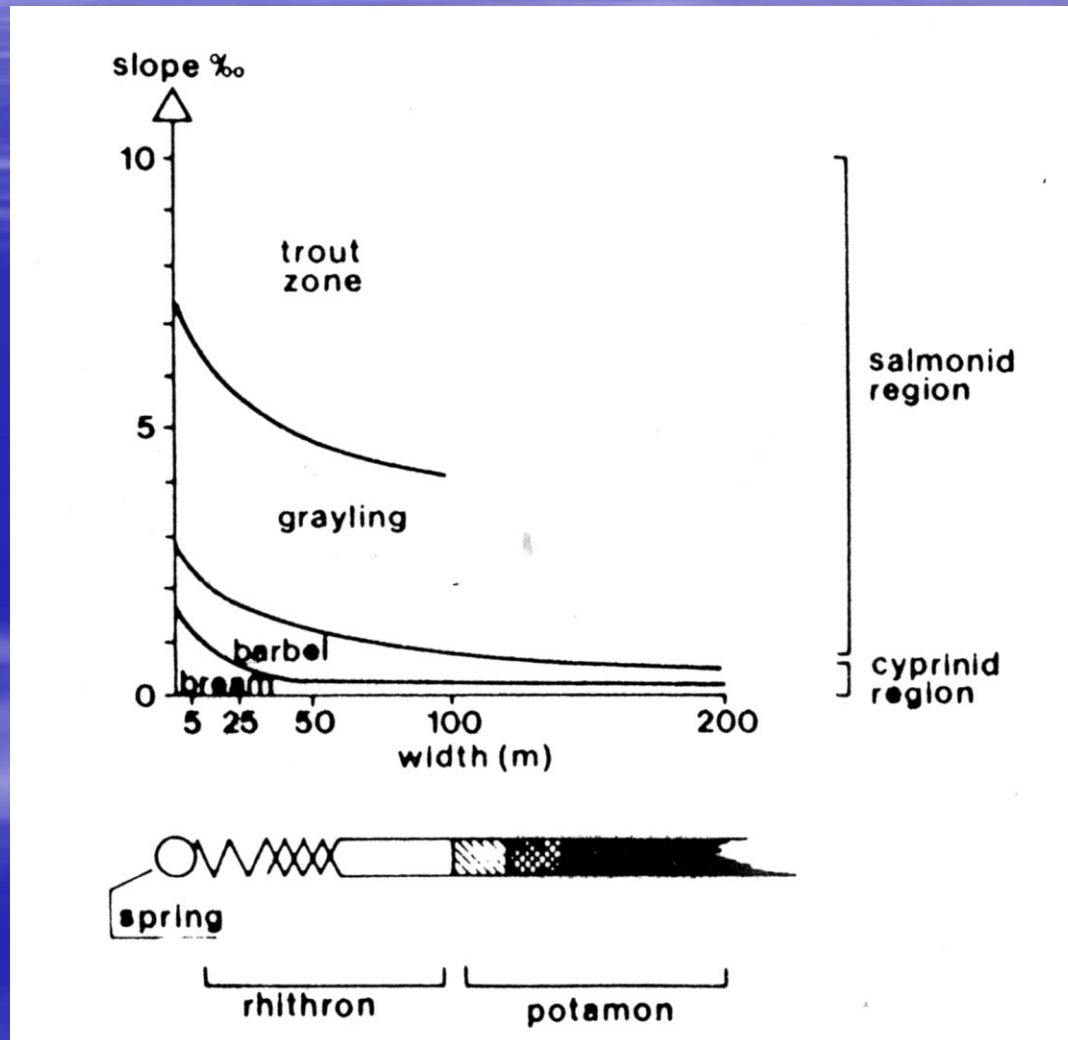
RCC – distribuce organismů

Schematic representation of the continuum

modified from Cummins (1975)



Rybí pásma a Illiesova klasifikace



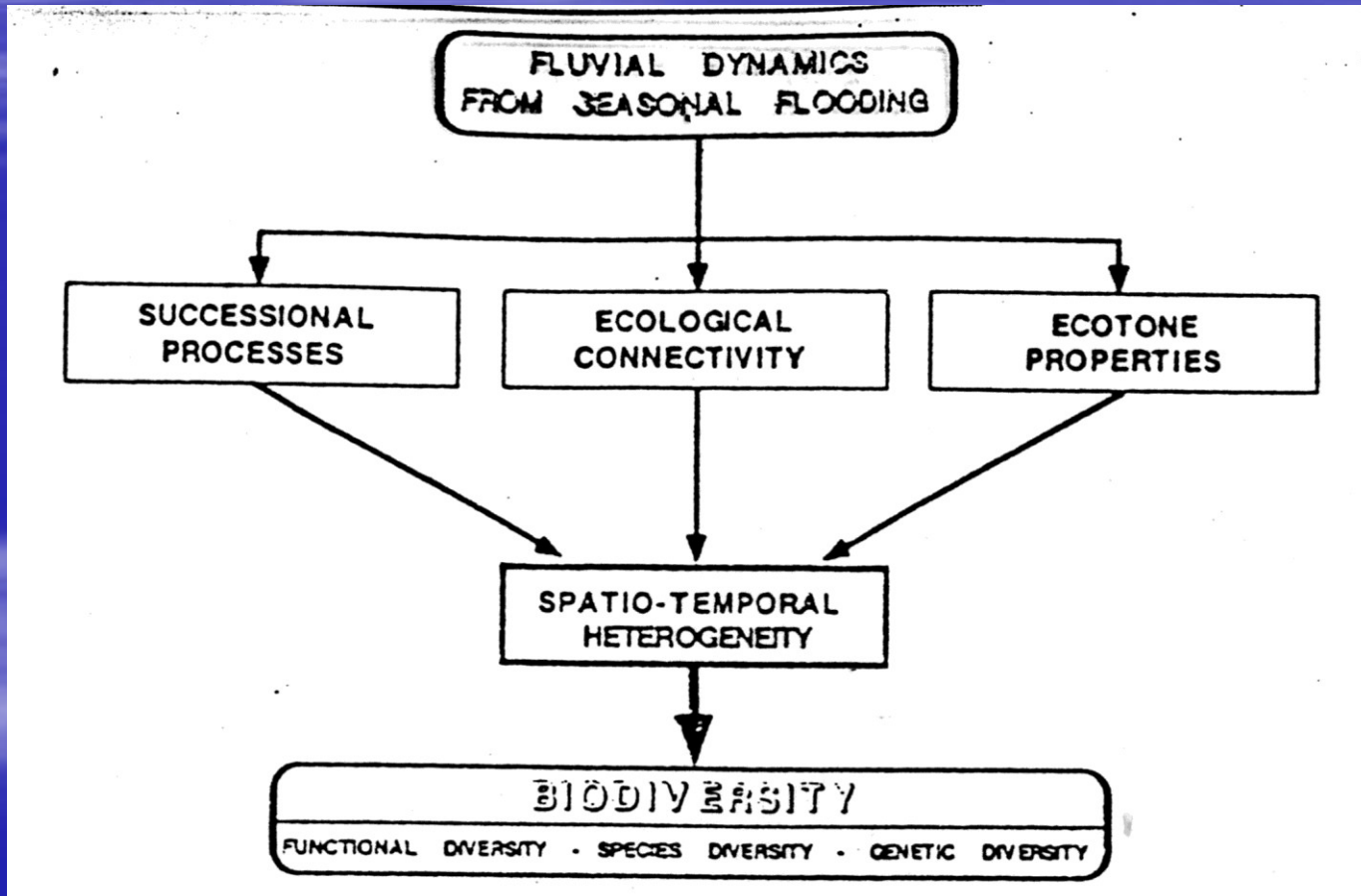
Rybí pásma a Illiesova klasifikace

	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 pra- meni i méně)	do 16
	Metarhithron	Pstruhová říčka	Ecdyonurová	Potok	do 3	do 18 (20)
	Hyporhitron	Lípanové pásmo	Ecdyonurová	Říčka	1,5 - 3,0	do 20 (22)
POTAMON	Epipotamon	Permové 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	-	-	-	-

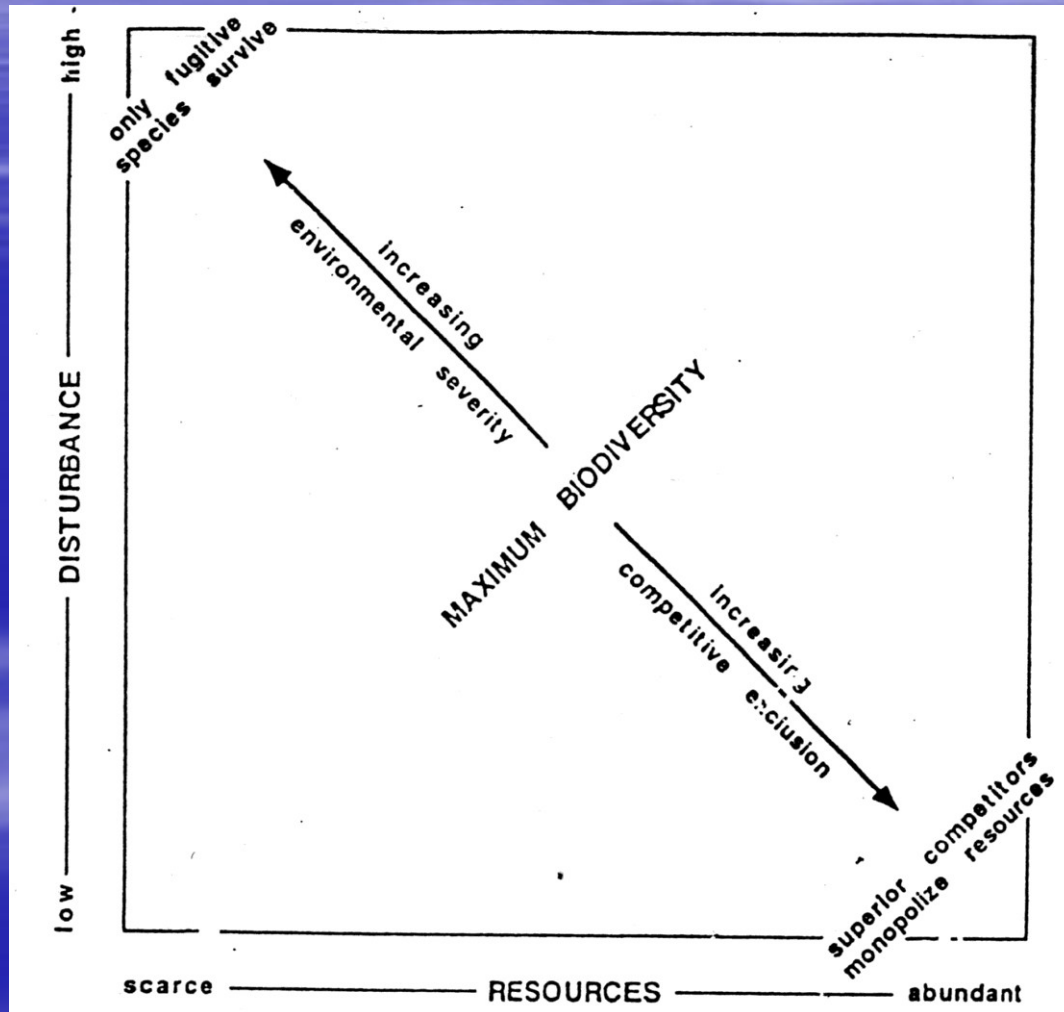
Habitat - klasifikace

- 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

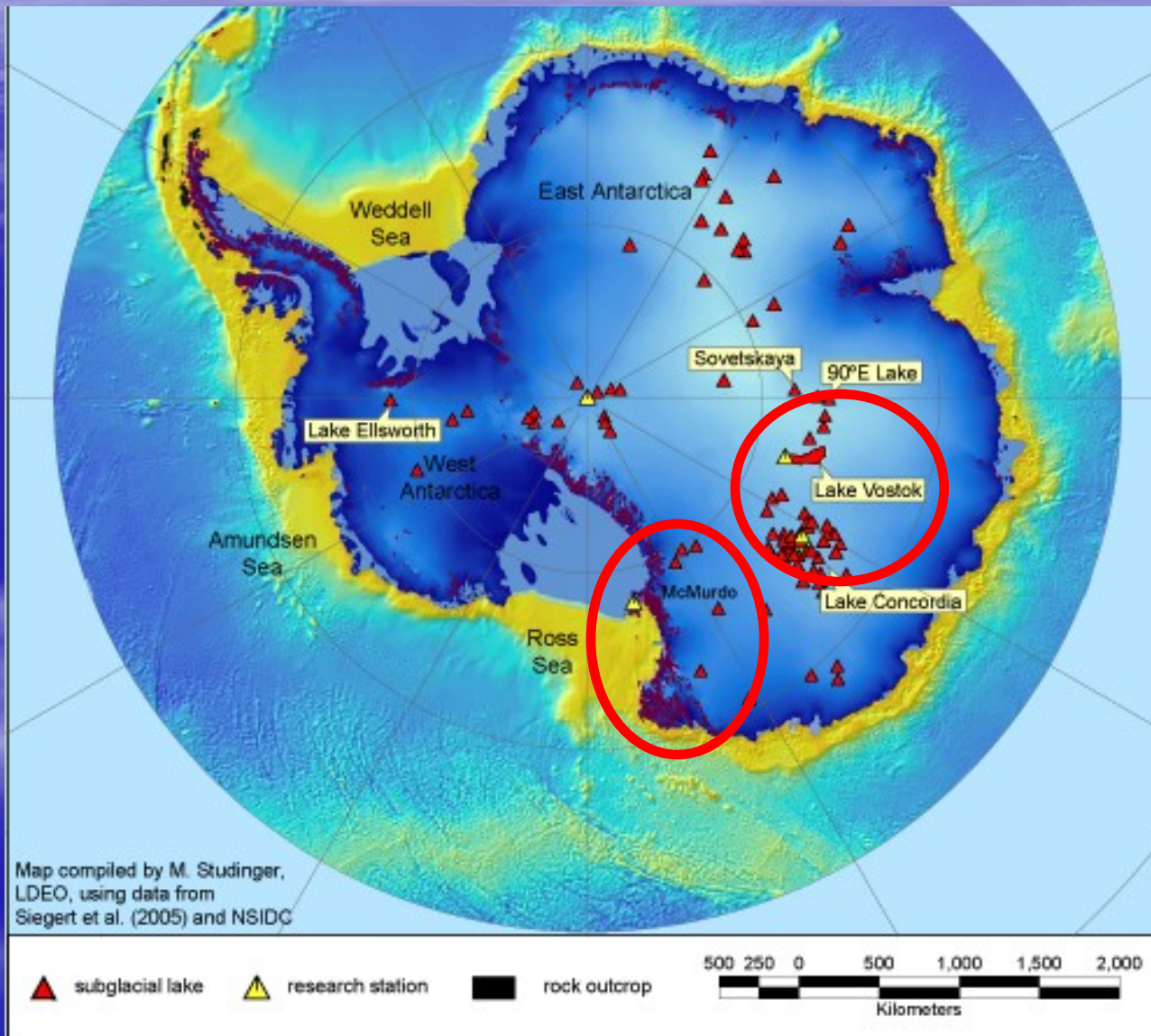
Abiotické faktory:

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

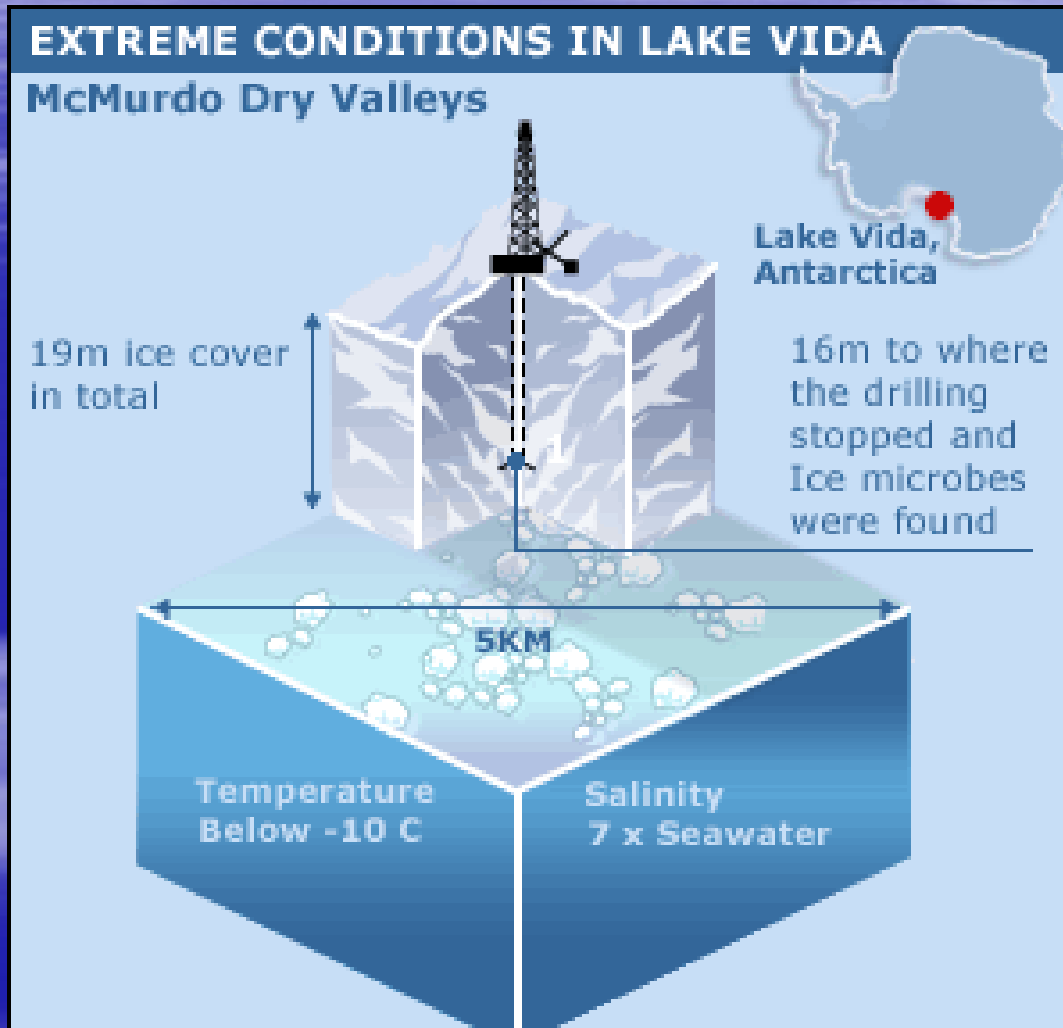
Biotické interakce:

- **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!**



The Subglacial Lake Vostok System



AIR

ice flow →

from Ridge B

ICE SHEET

internal layers

inflow of subglacial meltwater and groundwater?

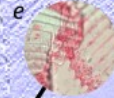
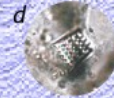
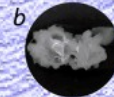
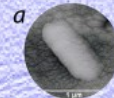
echo-free zone

pockets of subglacial meltwater and small subglacial lakes

subglacial deposits from glacial scouring, released by inflow of meltwater or basal melting of the ice sheet

Vostok Station

cored 3623 m



microbial life and biogenic material found in accreted ice: a) and b) bacteria, c) pollen, d) marine diatom, e) unknown

deformation of internal layers and accreted ice from moving over the side walls

420,000 year old ice

220 m accreted ice

BEDROCK

LAKE

670 m water depth

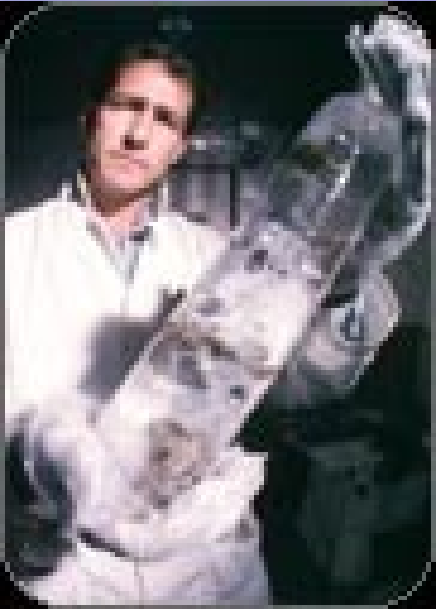
komunikace s jinými jezery?

preglacial limnetic sediments?

LAMONT-DOHERTY EARTH OBSERVATORY OF COLUMBIA UNIVERSITY

© 2001, M. Studinger and R.E. Bell, Lamont-Doherty Earth Observatory

Bacteria are from J. Priscu (a) and D. Karl (b). Pollen, marine diatoms and unknown biogenic material are from L. Burckle and R. Sambrotti, I.DEO, (c-e).



John Priscu s částí ledového jádra vrtu

Astrobiologický model života na Marsu, Evropě aj.?

Stará jezera = 15–19 ancient lakes

mil. let

245
230
215
200
185
170
155
140
125
110
95
80
65
50
35
20
5
-10
-25
-40
-55
-70
-85
-100

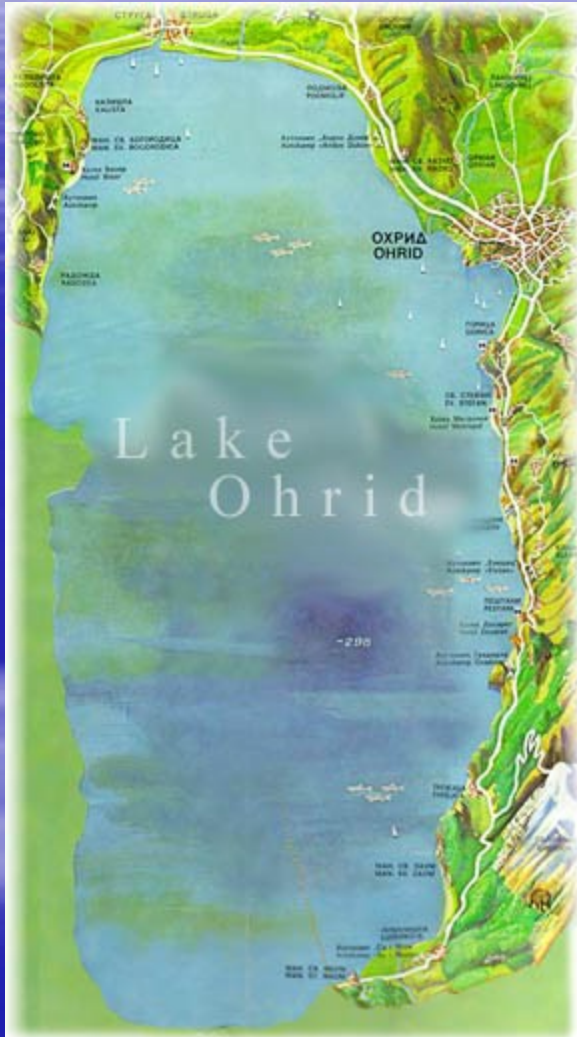
Ancient Lakes of the World



LakeNet Explorer

Sources: Lehner, B. & P. Doll (2002);
Birkett, C.M. & I.M. Mason (1995)
Base map: ESRI (2002)

Ochridské jezero (358 km², 53,6 km³, 289 m)

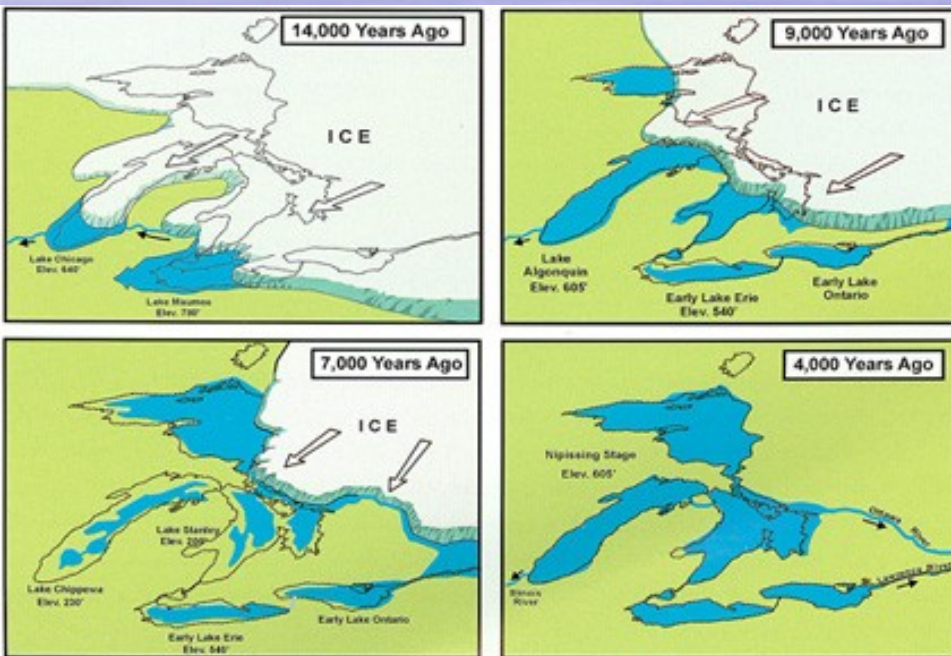


17 druhů ryb
(10 endemických)

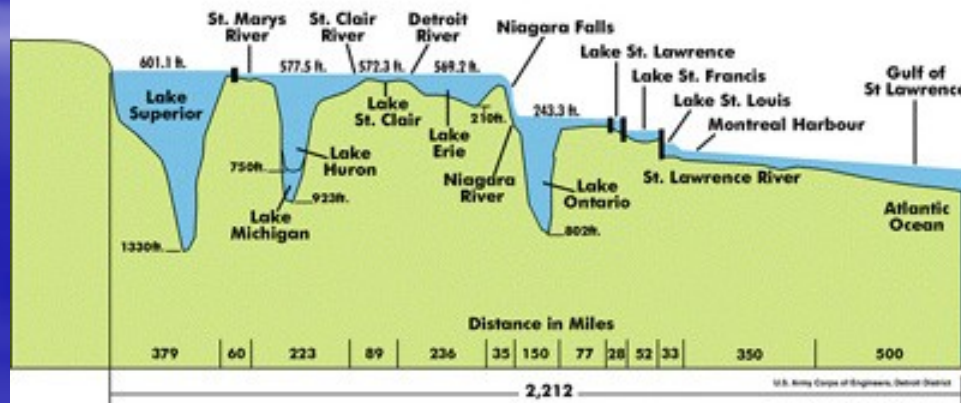
oligotrofní
krasové povodí: 3921 km²



The Great Lakes – ledovcová, oligotrofní

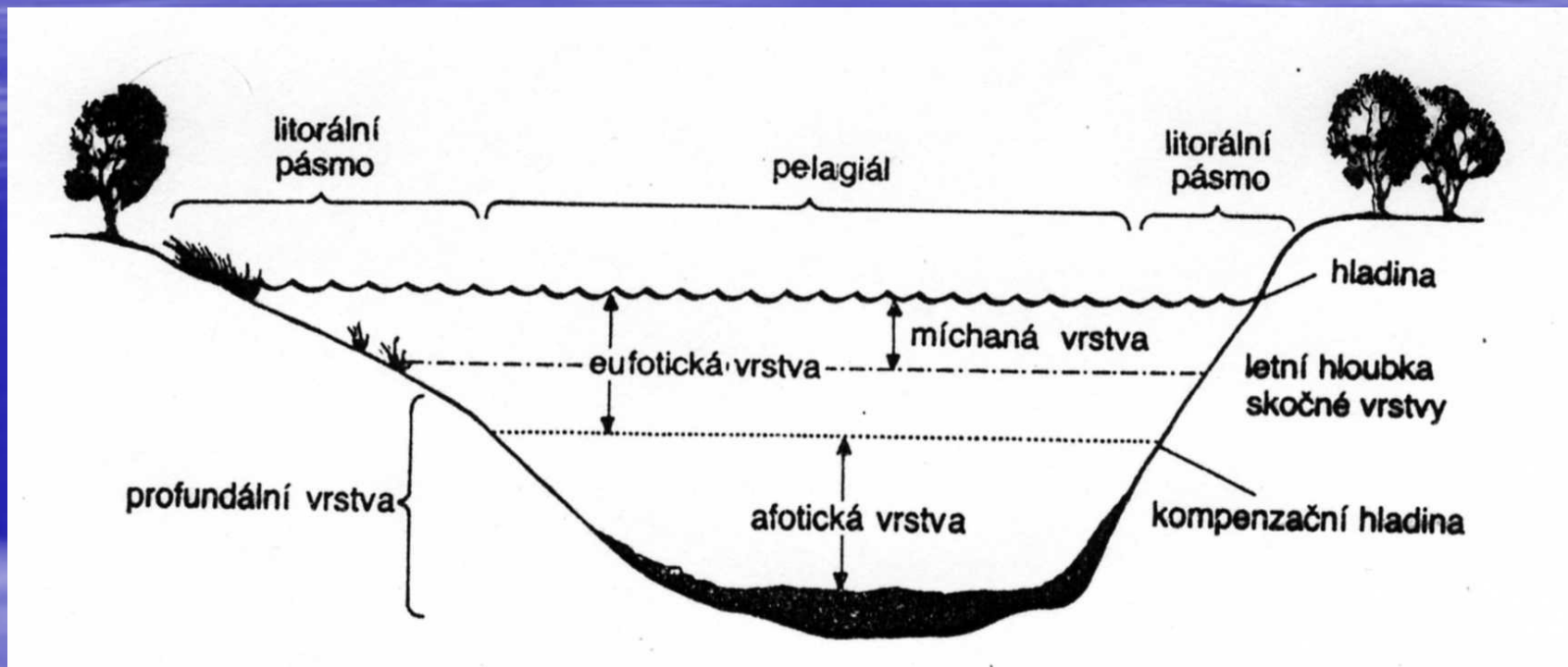


Great Lakes System Profile

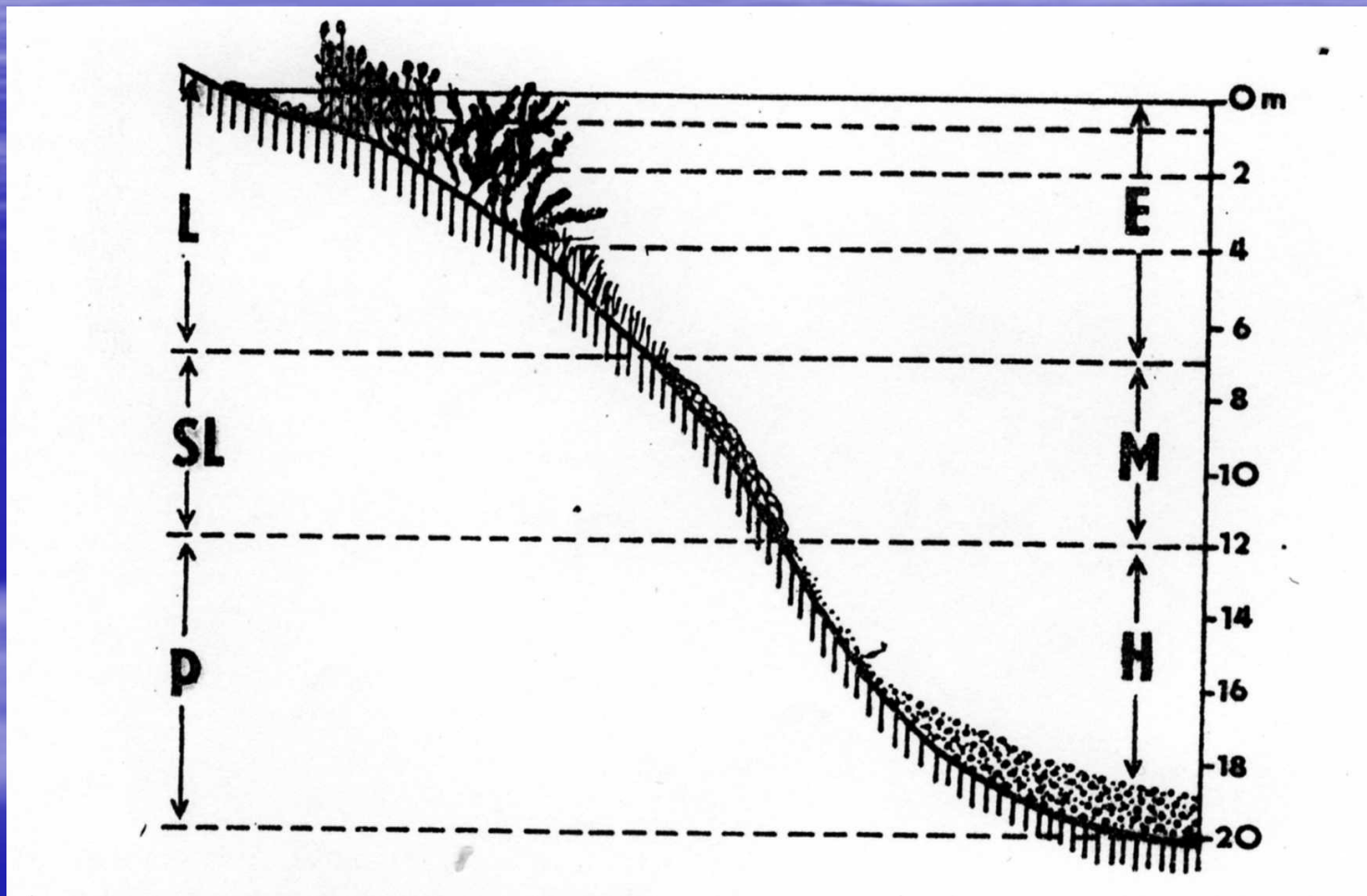


Doba zdržení vody:
 Superior: 191 r.
 Michigan: 99 r.
 Huron: 22 r.
 Ontario: 6 r.
 Erie: 2,6 r.

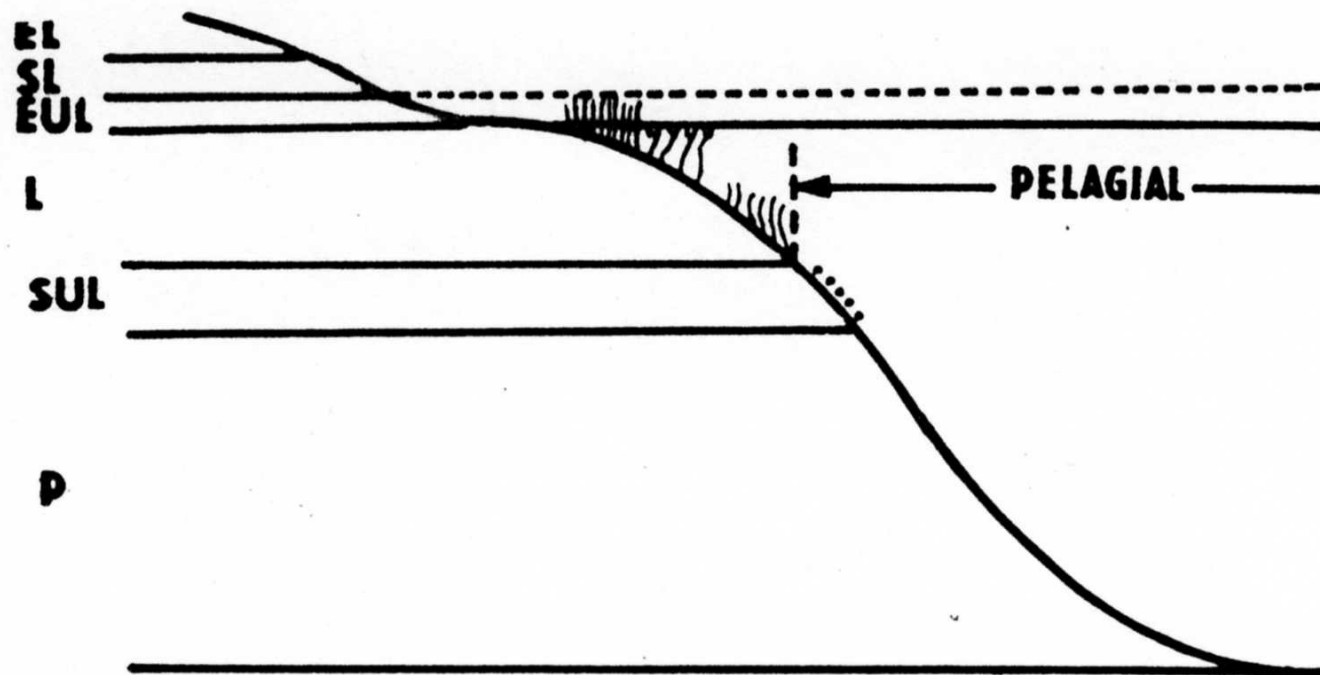
Základní členění habitatů



Základní členění habitatů

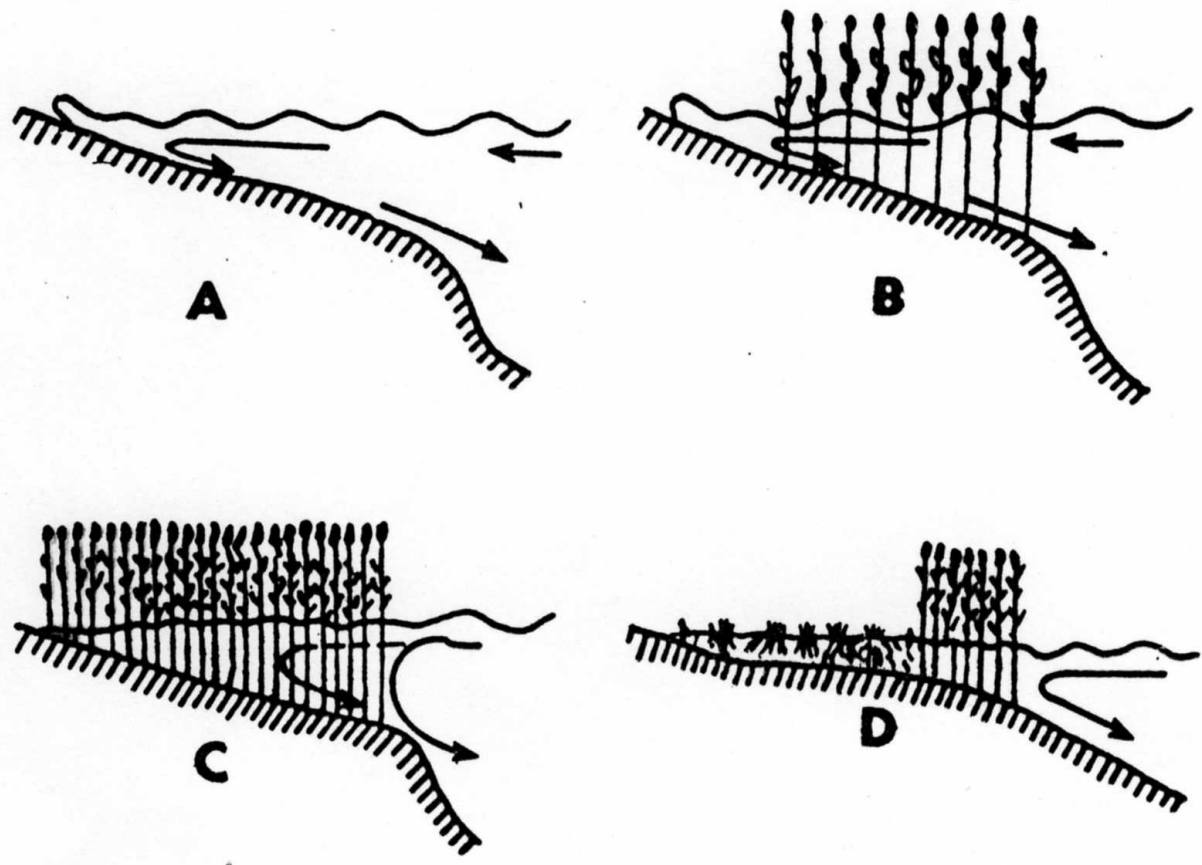


Podrobné členění litorálu



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.)

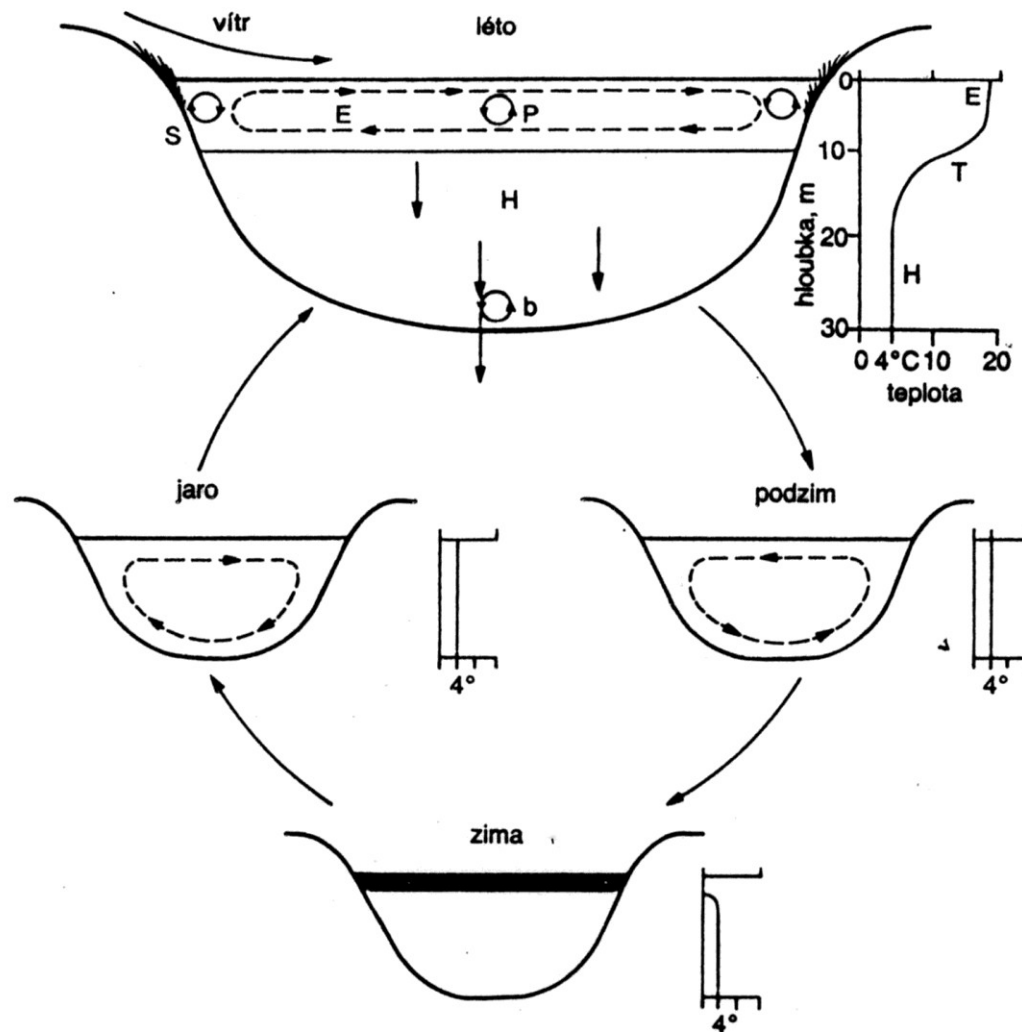
Typy litorálu



Obr.31.

Schéματα litorálů a jejich odolnosti proti pohybům vody (vyznačeno šipkami).
A = otevřený litorál, B = přístupný litorál, C = chráněný litorál, D = odděle-
ný litorál. (Ex DOBROWOLSKI)

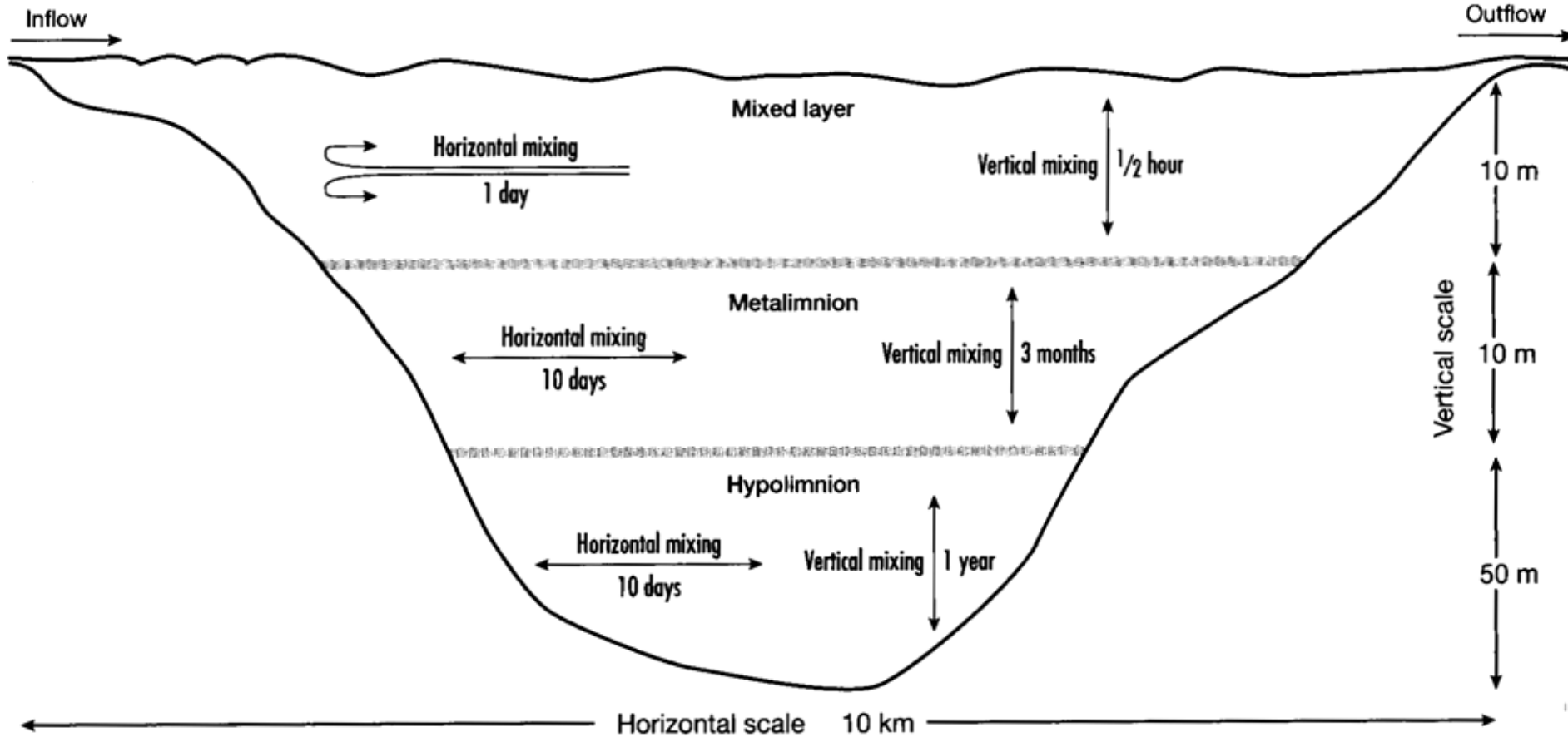
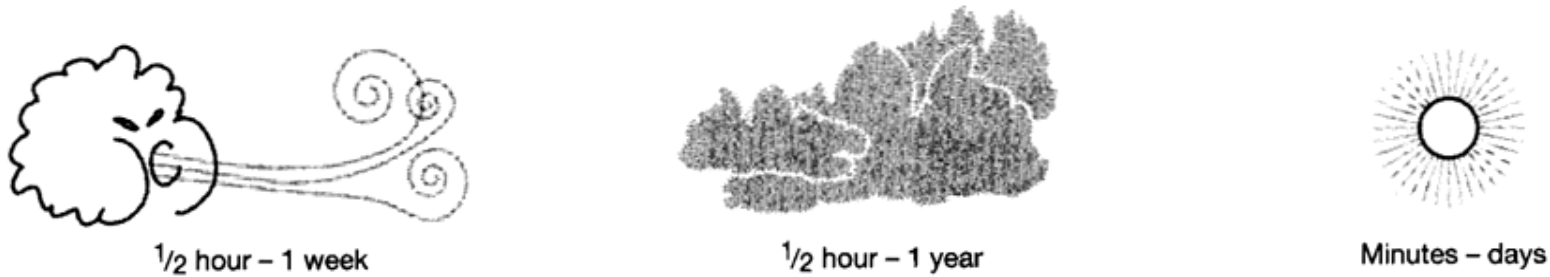
Vertikální proudění, míchání (mikce) nádrže, stratifikace



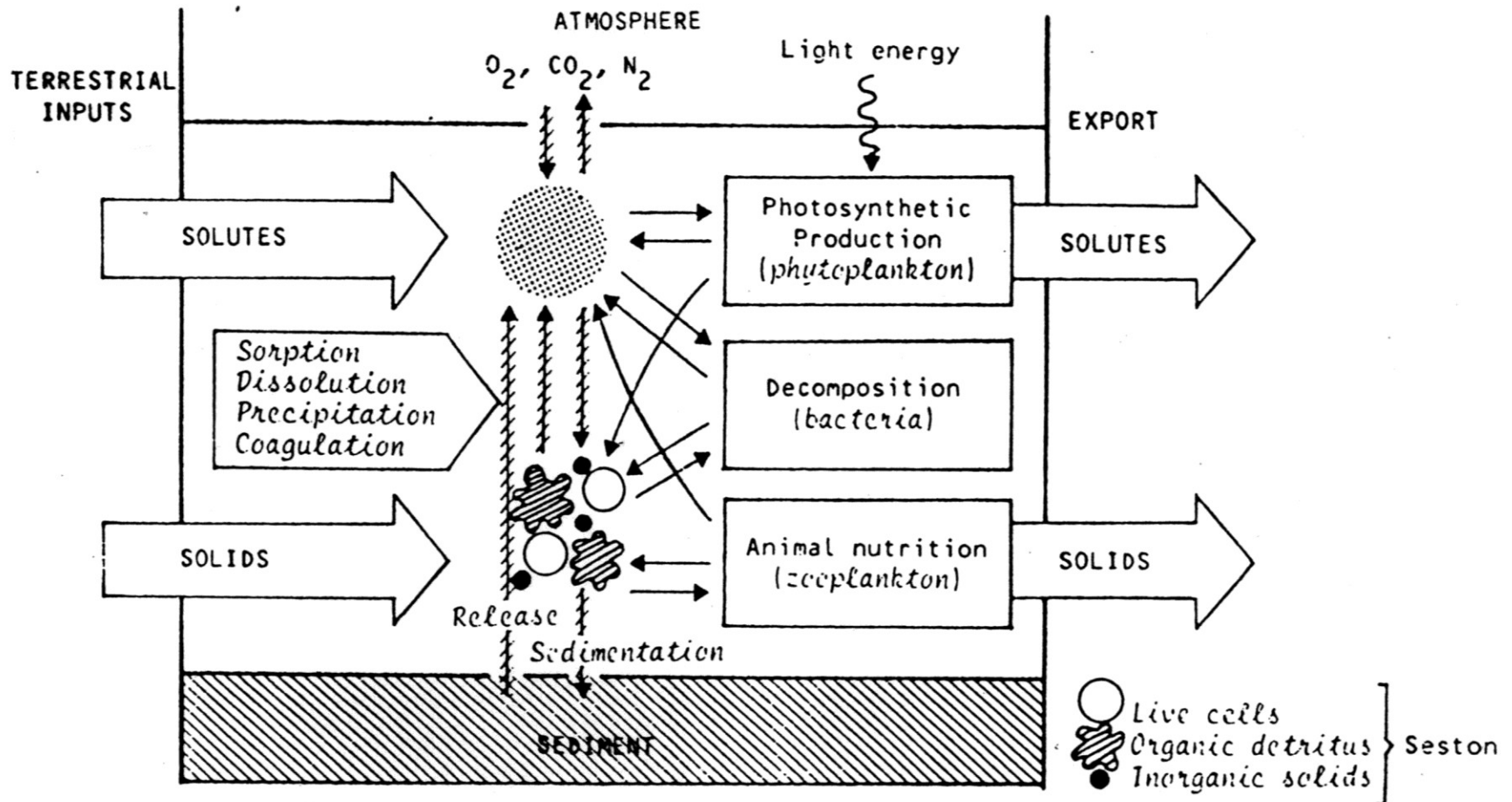
Mikce – stratifikace a míchání

- 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.

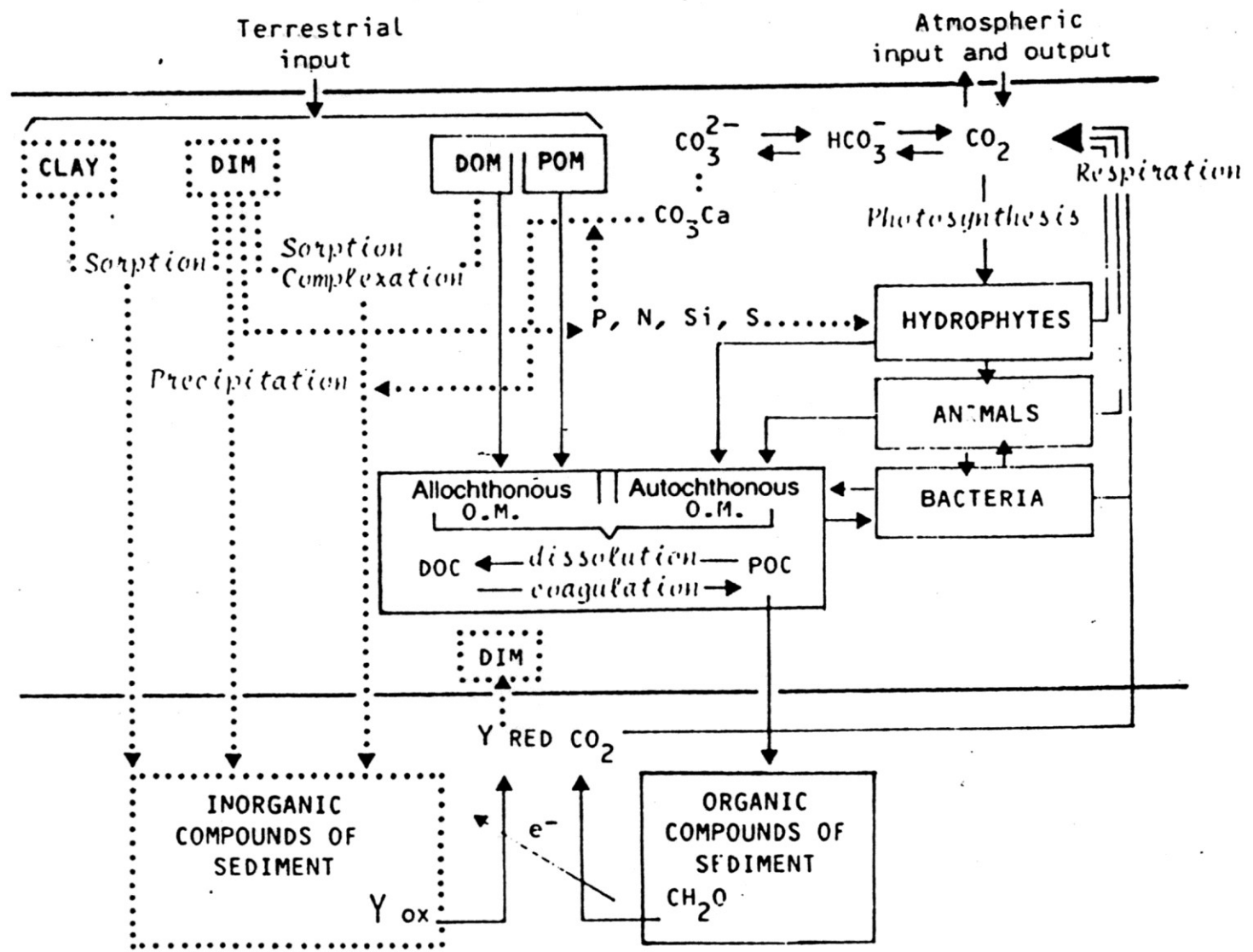
Stabilita stratifikace / pohyby vody



Fyzikálně-chemické a biochemické procesy



Zjednodušený koloběh uhlíku



Koloběh živin

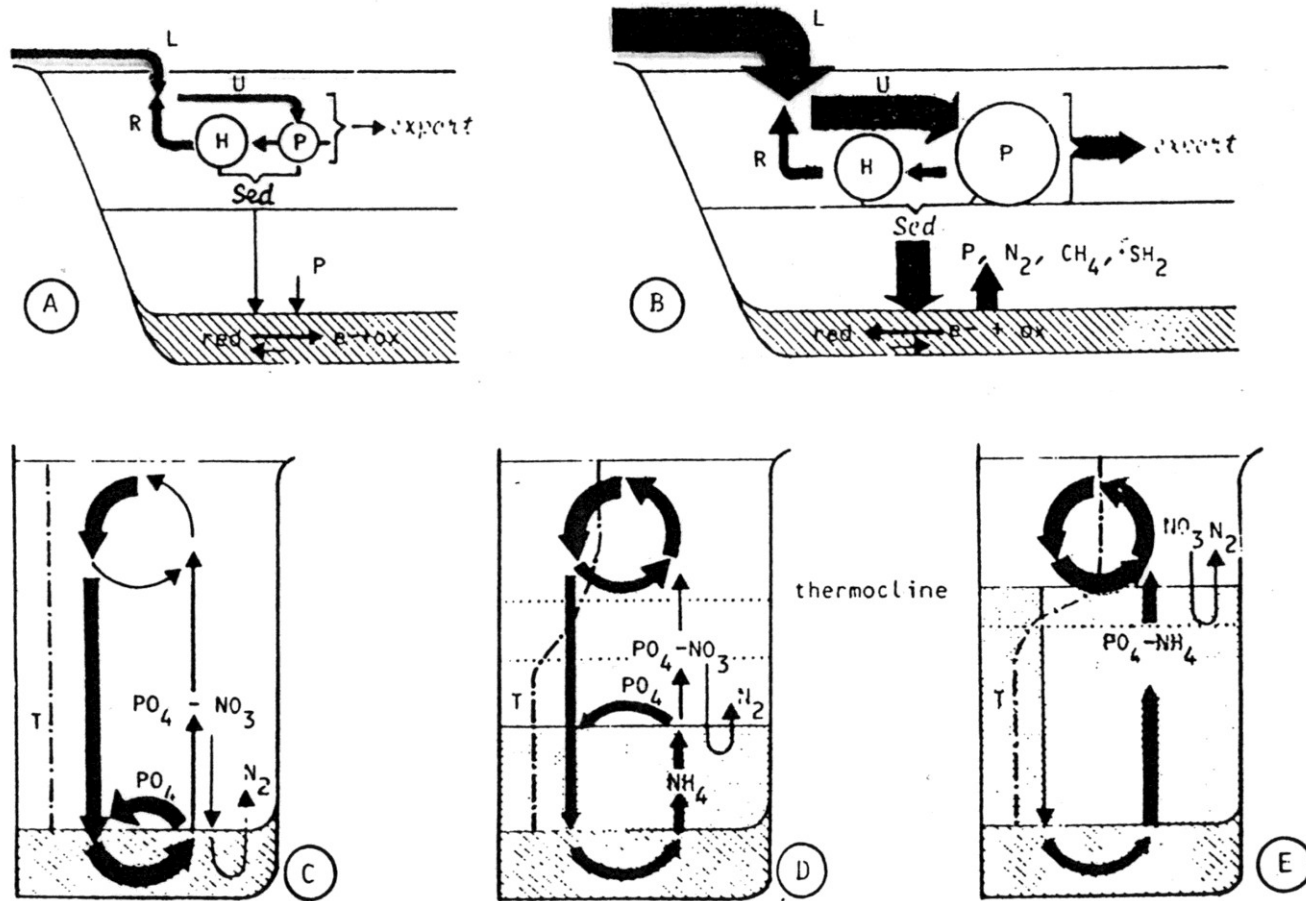


FIGURE 4. Representation of nutrient pathway in oligotrophic (A) and eutrophic (B) lakes, and in a very productive lake in spring (C), early summer (D), and later summer (E). Relatively more nutrient is recycled in the euphotic layers (fast cycle) in oligotrophic lakes and is sedimented in eutrophic 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 O₂ depletion, dashed lines, temperature (T). P = phytoplankton, H = biomass of zooplankton + bacteria; U = uptake, R = recycling; L = external load

Produkce, konzumace a destrukce

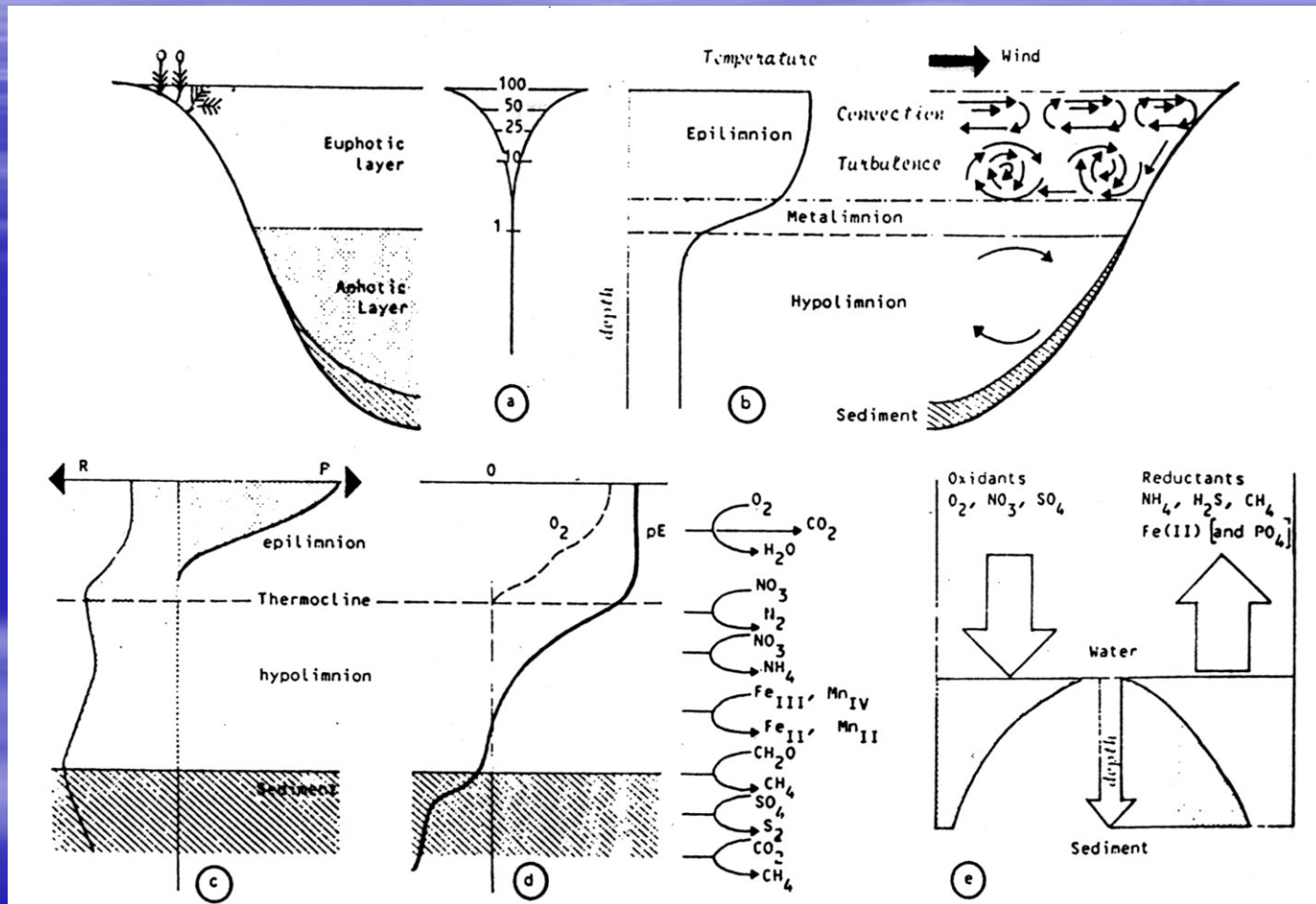


FIGURE 3. Photosynthetic production (P) and heterotrophic destruction (R) of organic matter may become vertically segregated in a lake (c) due to vertical distribution of light (a) and temperature (b). Depletion of oxygen in the hypolimnetic layer in a very eutrophic lake is the first step in a sequence 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 prvky

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

→ Mezi nálevníky početně dominují druhy < 20 μm

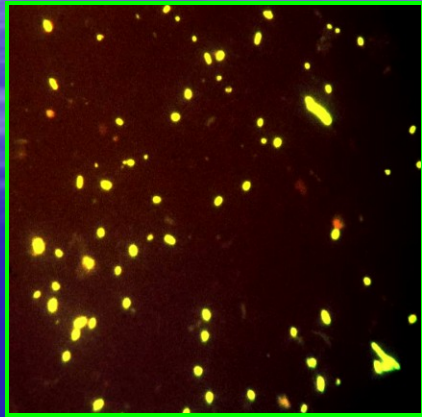
→ Rychlá kvantifikace hetero- (bakterie) a autotrofního pikoplanktonu

A fluorescence micrograph showing a dense population of small, glowing blue-green bacterial cells against a dark background. The cells are mostly rod-shaped and appear to be in various stages of movement or division. The overall appearance is that of a highly active and diverse microbial community.

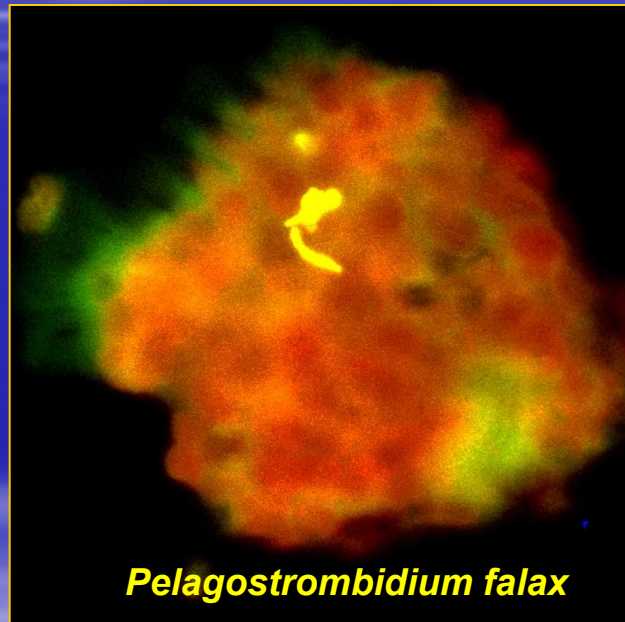
**„normální“ bakterioplankton
(Římov)**

10 μm

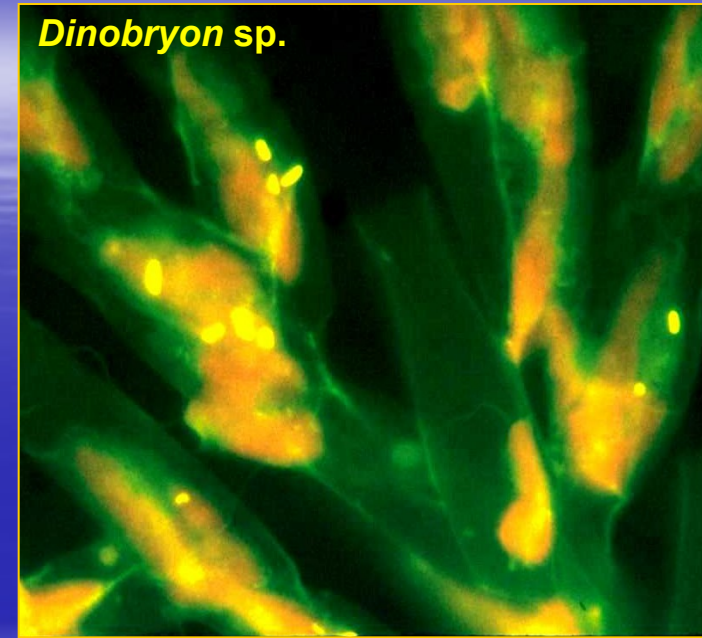
Fluorescenčně
značené
bacterie



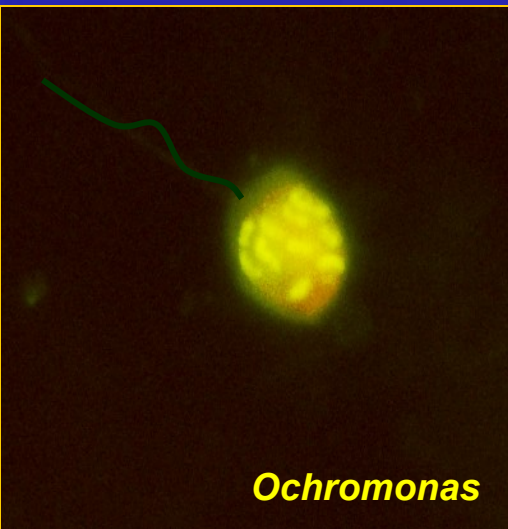
Mixotrofiie nálevníků
a bičíkovců



Pelagostrombidium falax

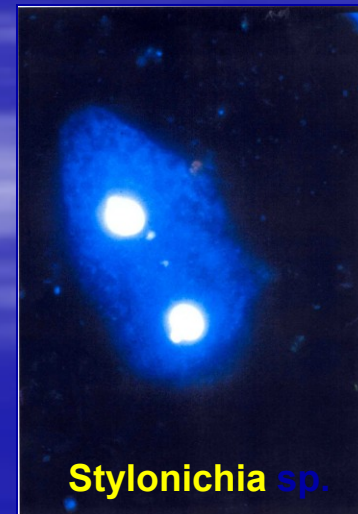


Dinobryon sp.

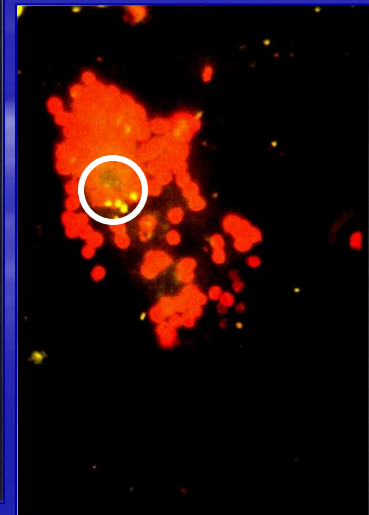


Ochromonas

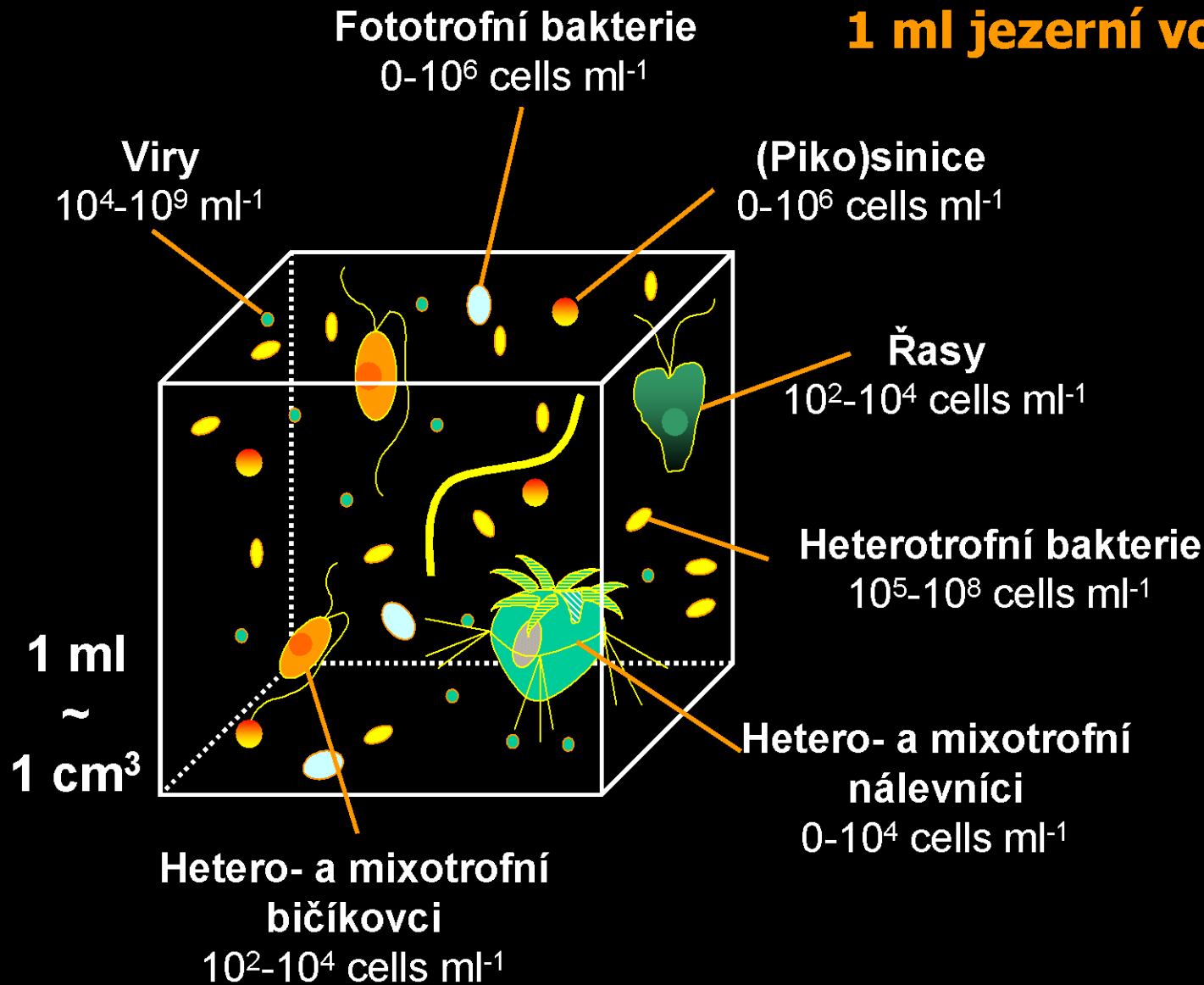
Druhově- specifická
rychlost příjmu bakt.



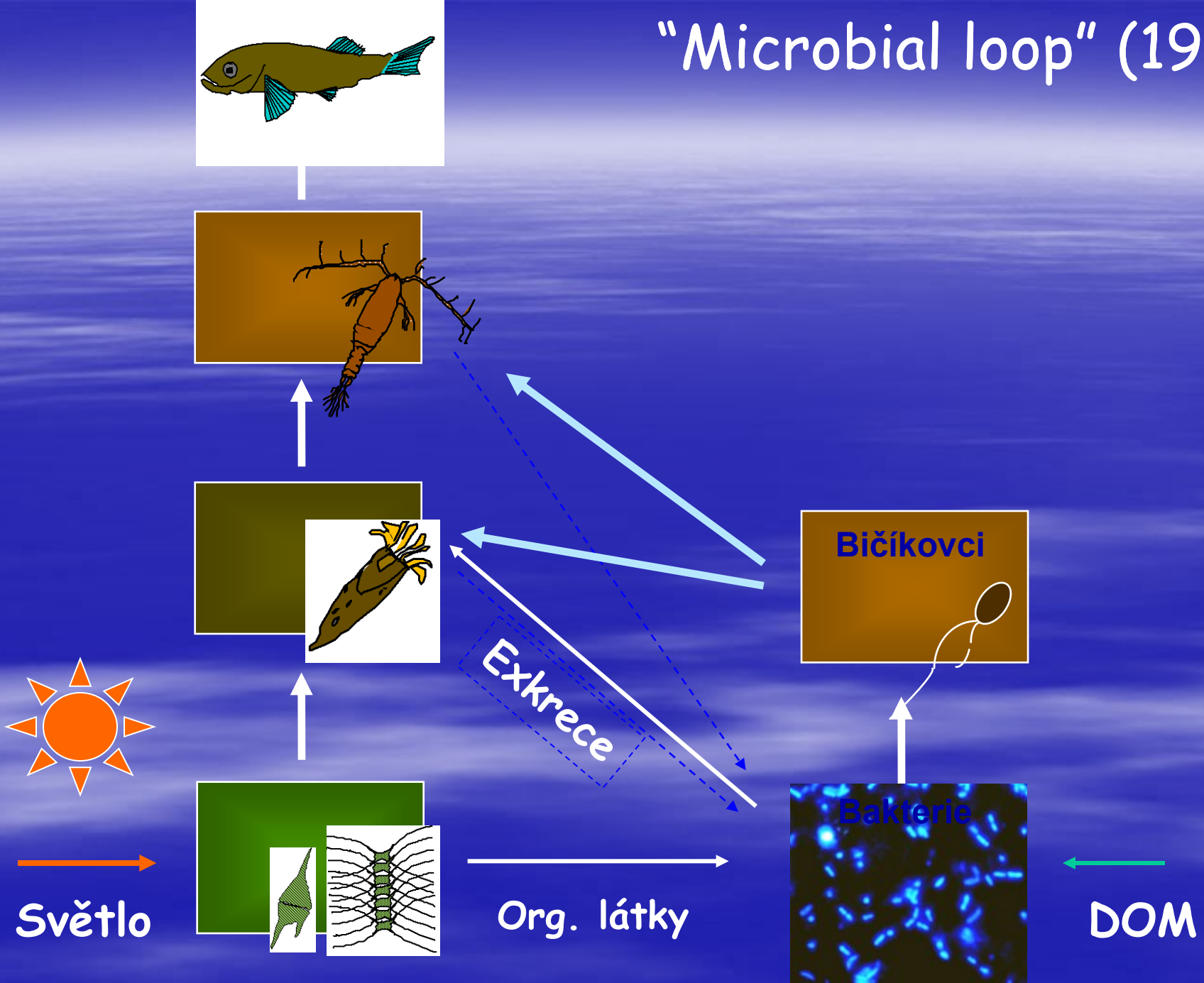
Stylonichia sp.



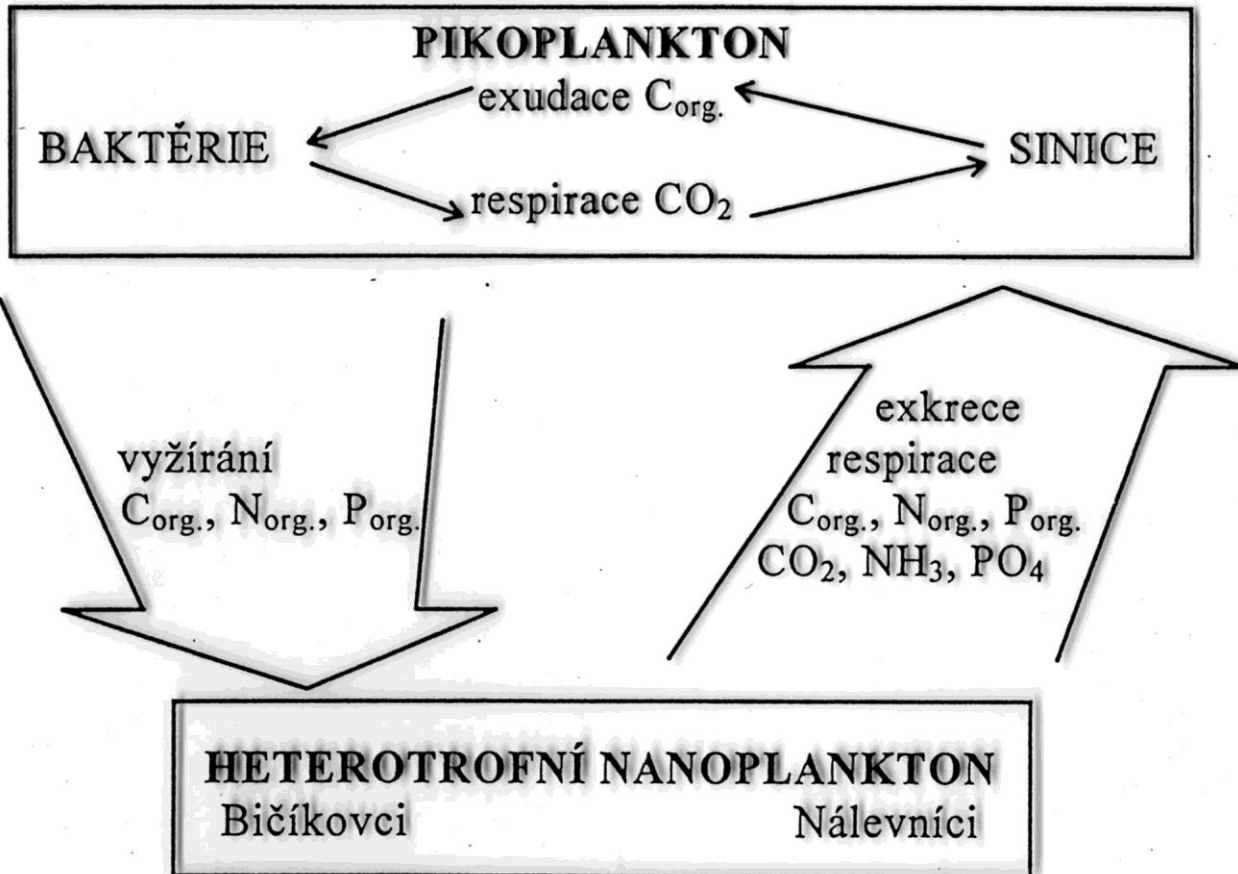
Skupiny mikroorganismů mikrobiální smyčky v 1 ml jezerní vody



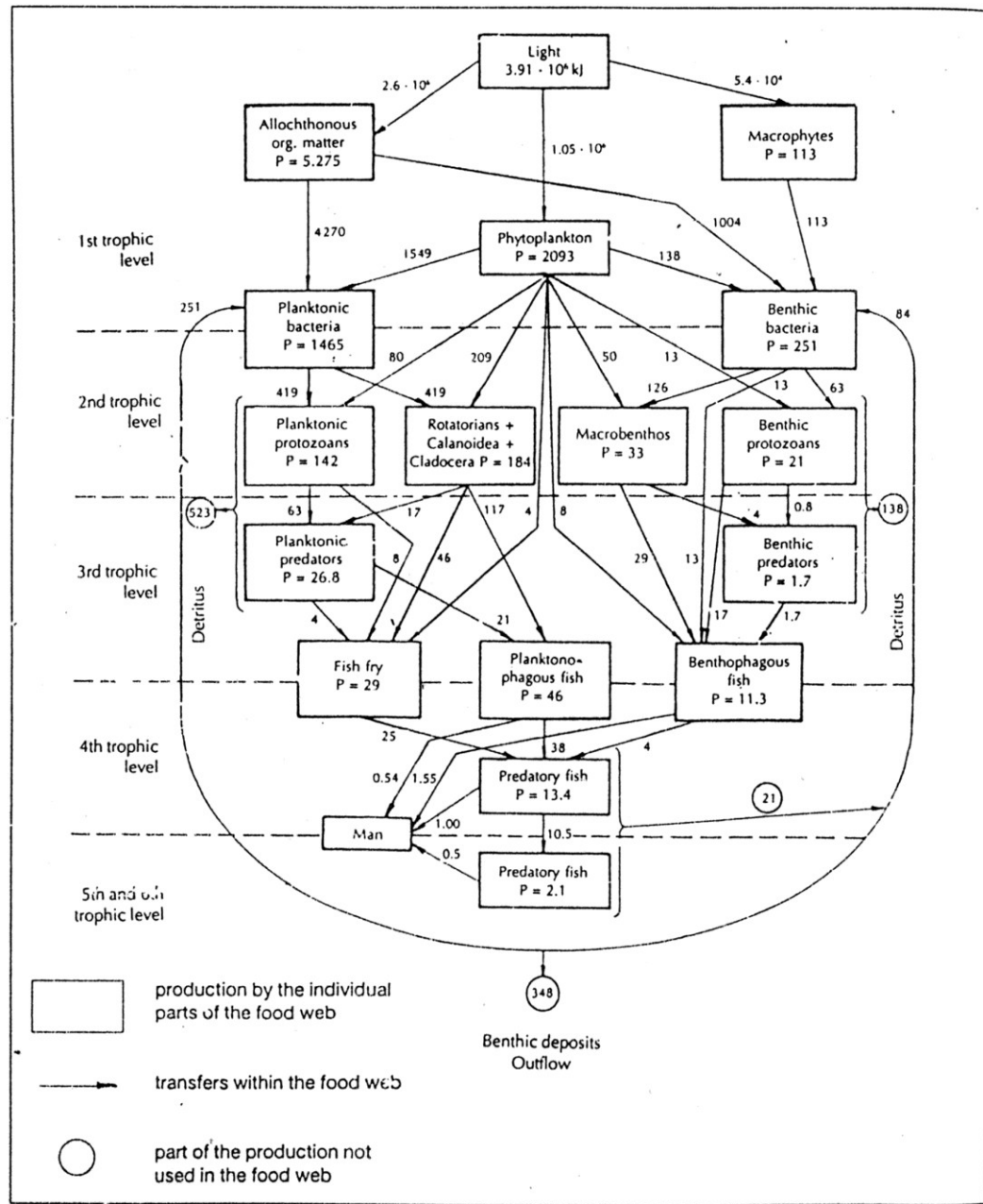
"Microbial loop" (1983)



Bakteriální smyčka



Potravní sít' (řetězce)



Potravní sítě

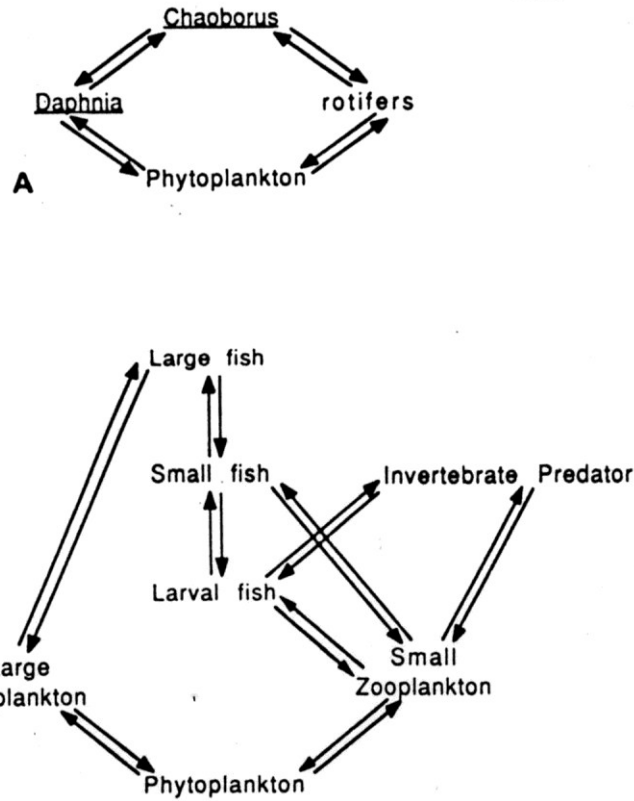


FIGURE 10.1. (A) Food web with indirect effects of an invertebrate predator, *Chaoborus*, on *Daphnia* (based on Neill 1985). Arrows pointing up relate to material or energy flow. Arrows pointing down reflect predatory control of prey. (B) Food web with indirect effects involving an invertebrate predator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

Společenstvo,
potravní
specializace,
velikostní
kategorie

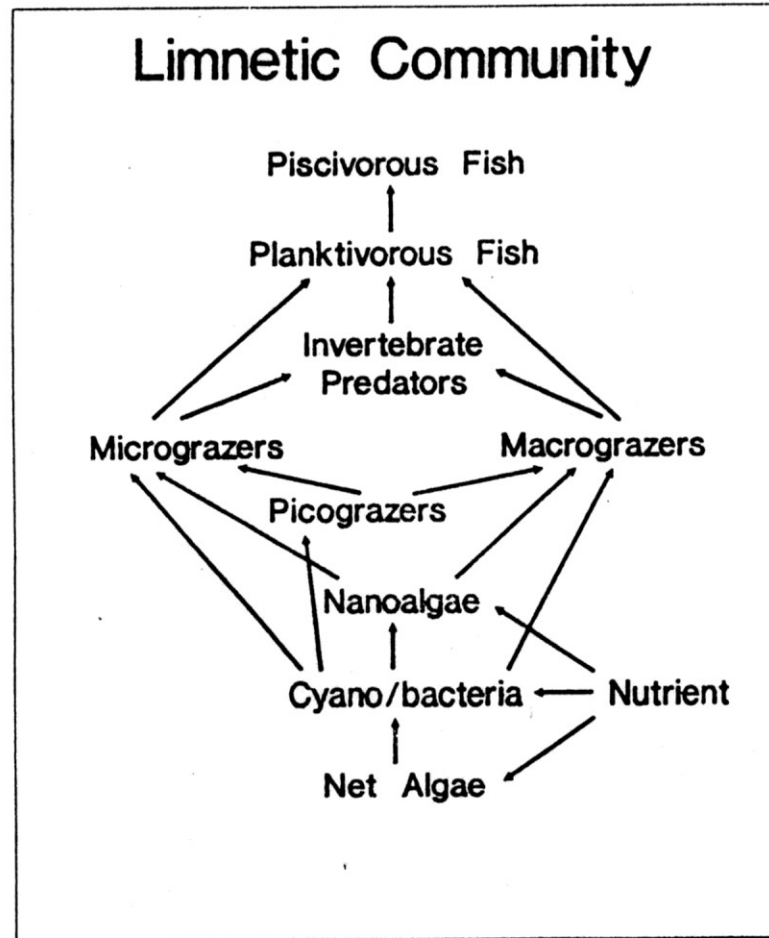


FIGURE 3.1. The limnetic community of an oligotrophic montane lake in British Columbia. Names represent aggregative descriptors of the components of the community and may contain many taxa. The following definitions apply: macrograzers—crustaceans > 0.8 mm; micrograzers—crustaceans, rotifers, and protozoans 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

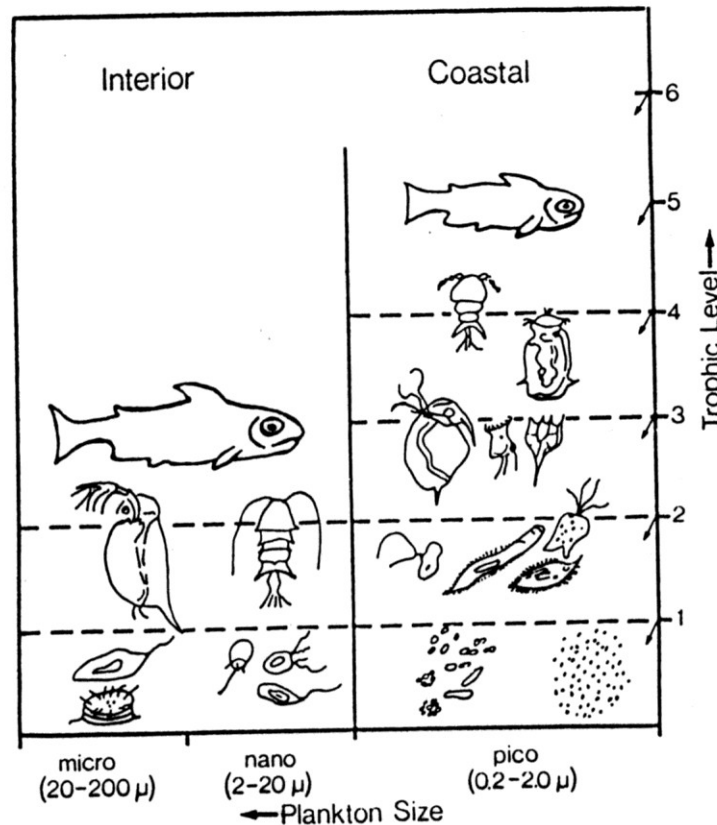
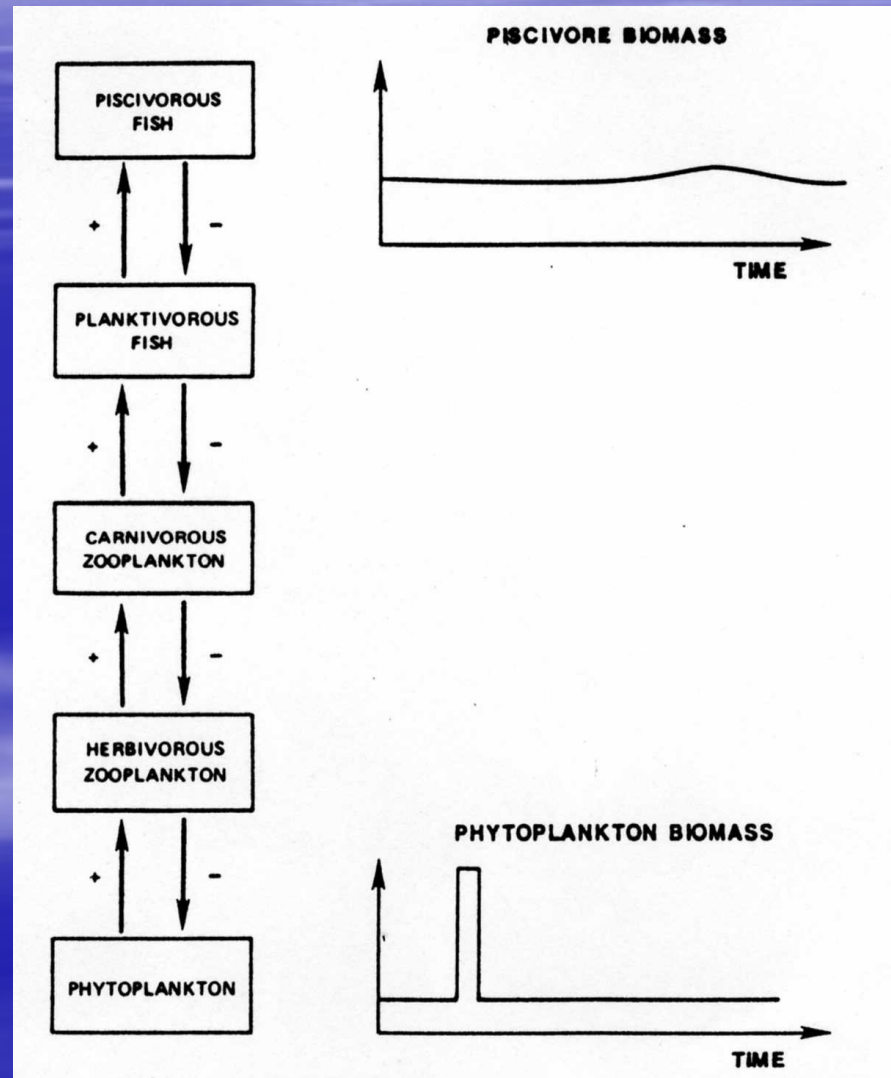


FIGURE 5.3. Nanoplankton-based food chains of oligotrophic interior British Columbia lakes are shorter and more efficient because of the presence of *Daphnia*, producing larger individuals and supporting higher standing stocks of planktivorous juvenile sockeye salmon. The food chains of ultra-oligotrophic 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

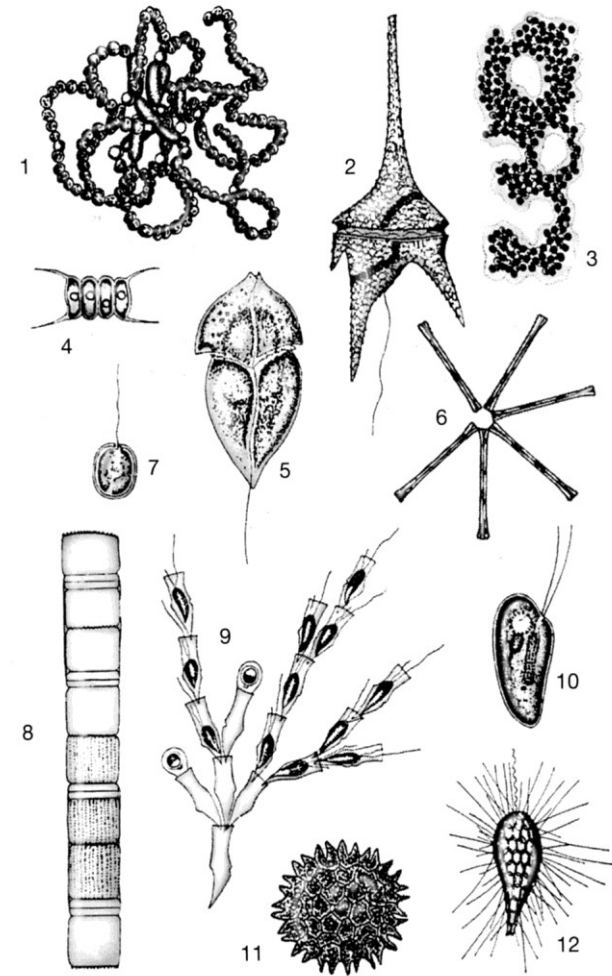
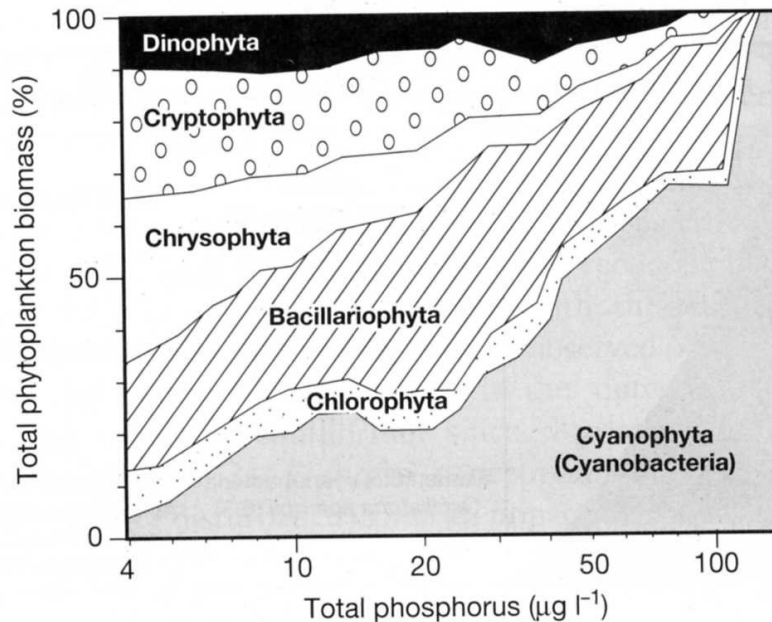
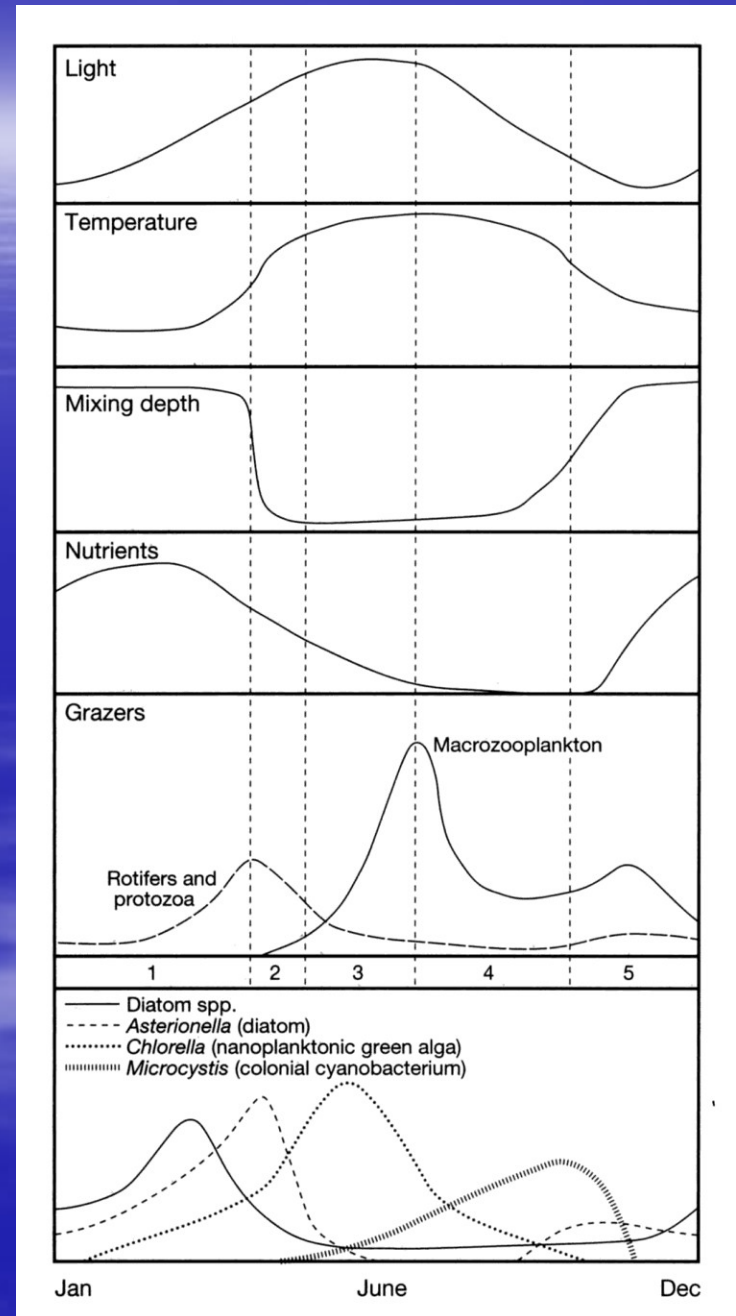
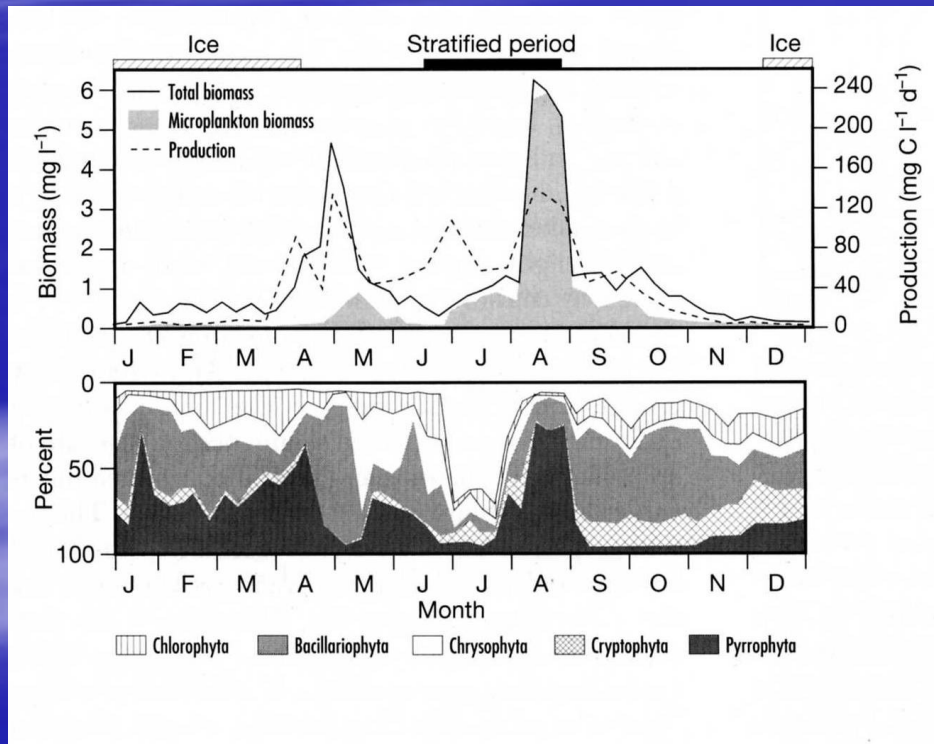


Figure 21-4 Selected phytoplankton. (1) cyanobacterium cluster: *Anabaena flos-aquae*, (2) dinoflagellate: *Ceratum hirundinella*, (3) cyanobacterium colony: *Microcystis flos-aquae*, (4) green algae colony: *Scenedesmus quadricauda*, (5) dinoflagellate: *Gymnodinium helveticum*, (6) diatom: *Asterionella formosa*, (7) chrysophyte: *Chrysococcus rufescens*, (8) filamentous diatom: *Aulacoseira islandica*, (9) chrysophyte diatom: *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

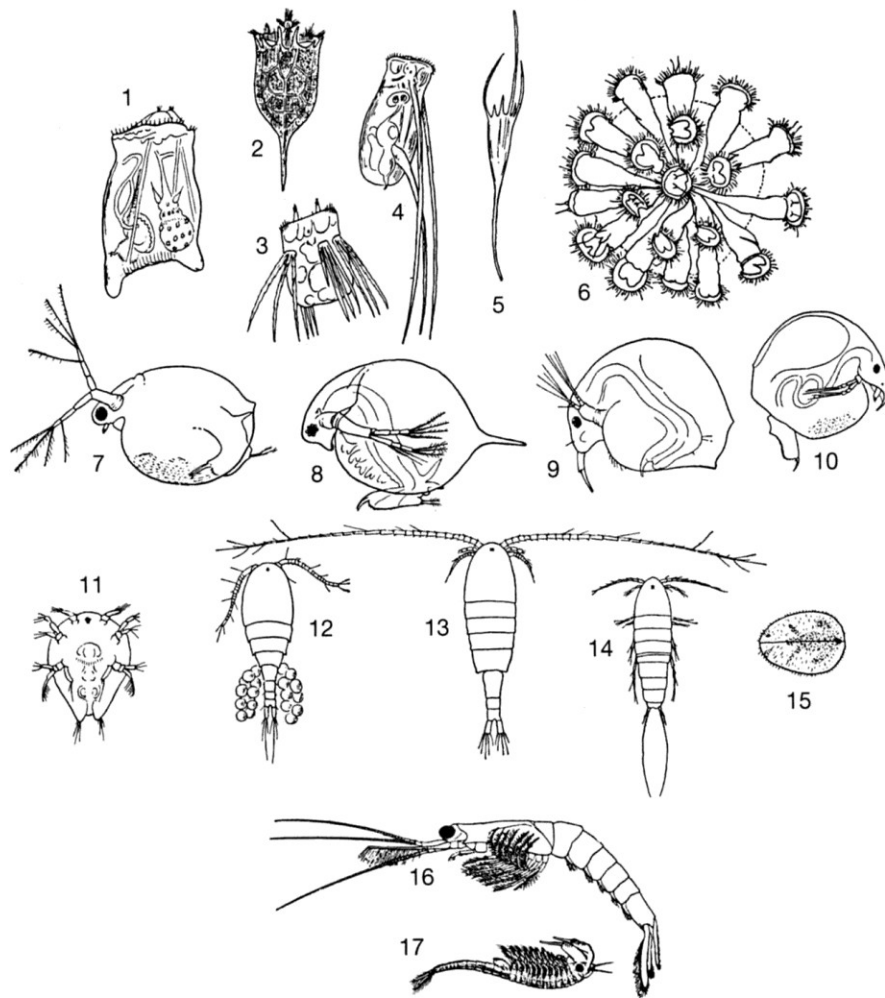
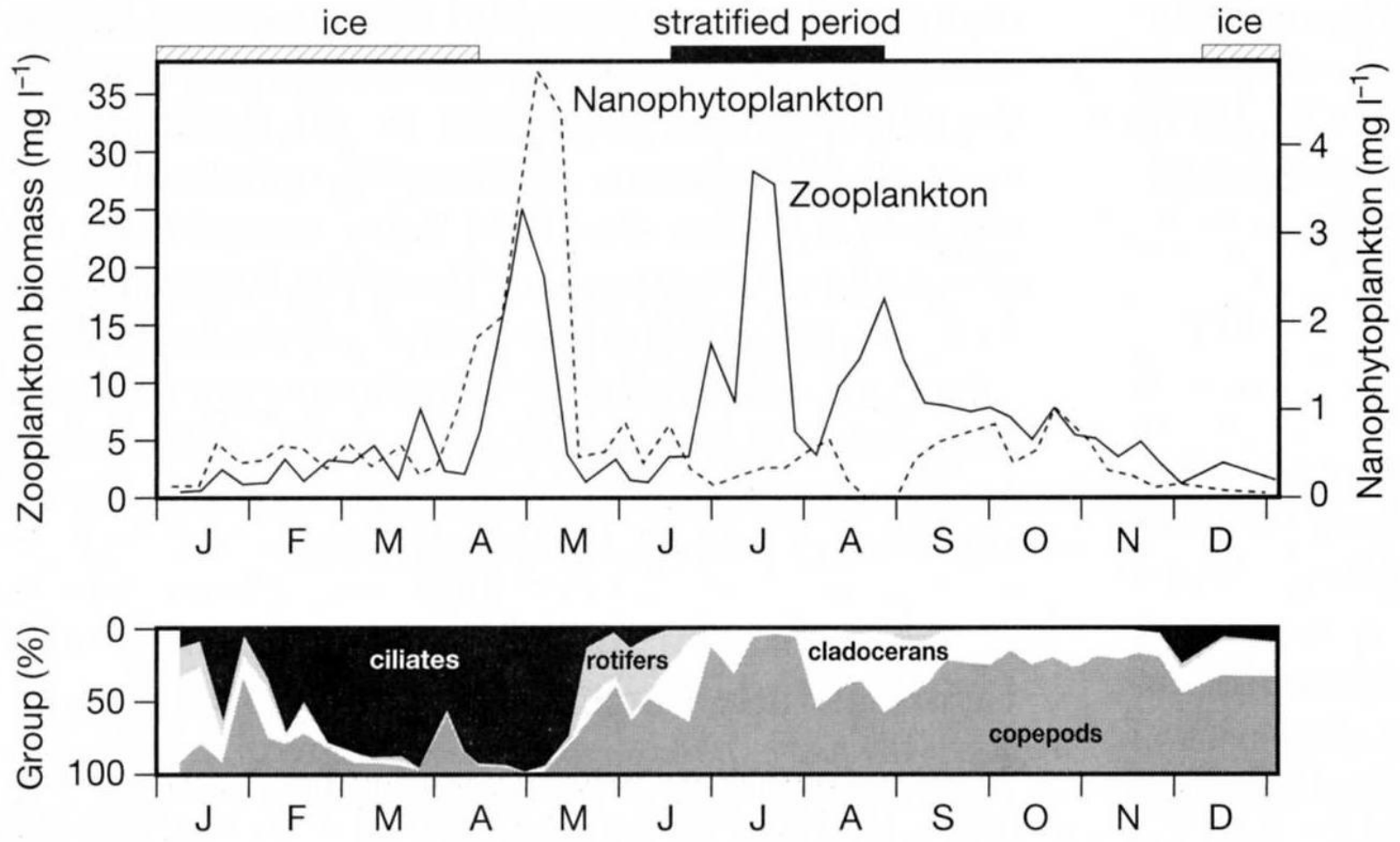
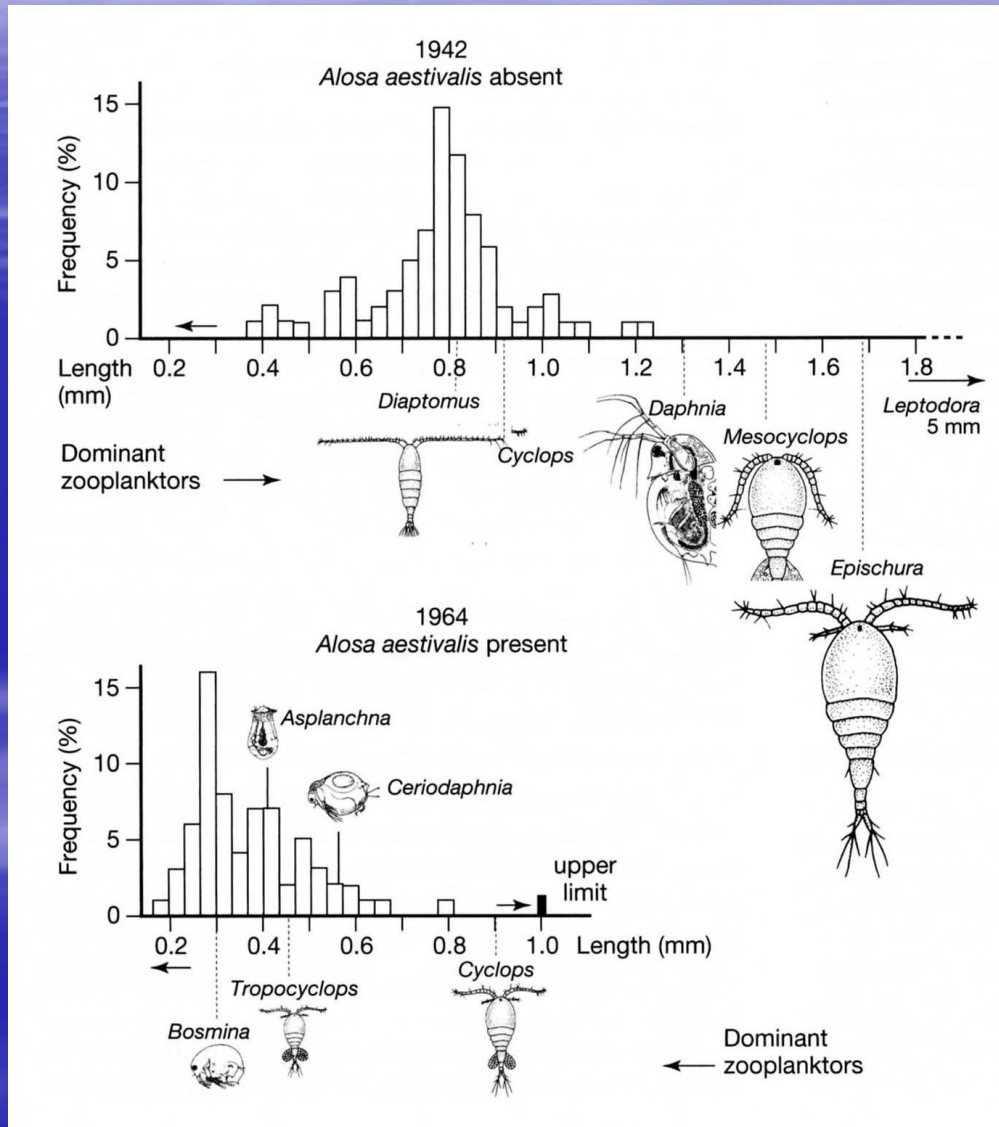


Figure 23-3 Selected zooplankton, not drawn to scale. Rotifers: (1) *Asplanchna*, (2) *Keratella*, (3) *Polyarthra*, (4) *Filinia*, (5) *Kellicottia*, (6) colony of *Conochilus*; Cladocerans: (7) *Ceriodaphnia*, (8) *Daphnia*, (9) *Bosmina*, (10) *Chydorus*; Copepods: (11) cyclopoid copepod: *Nauplius*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

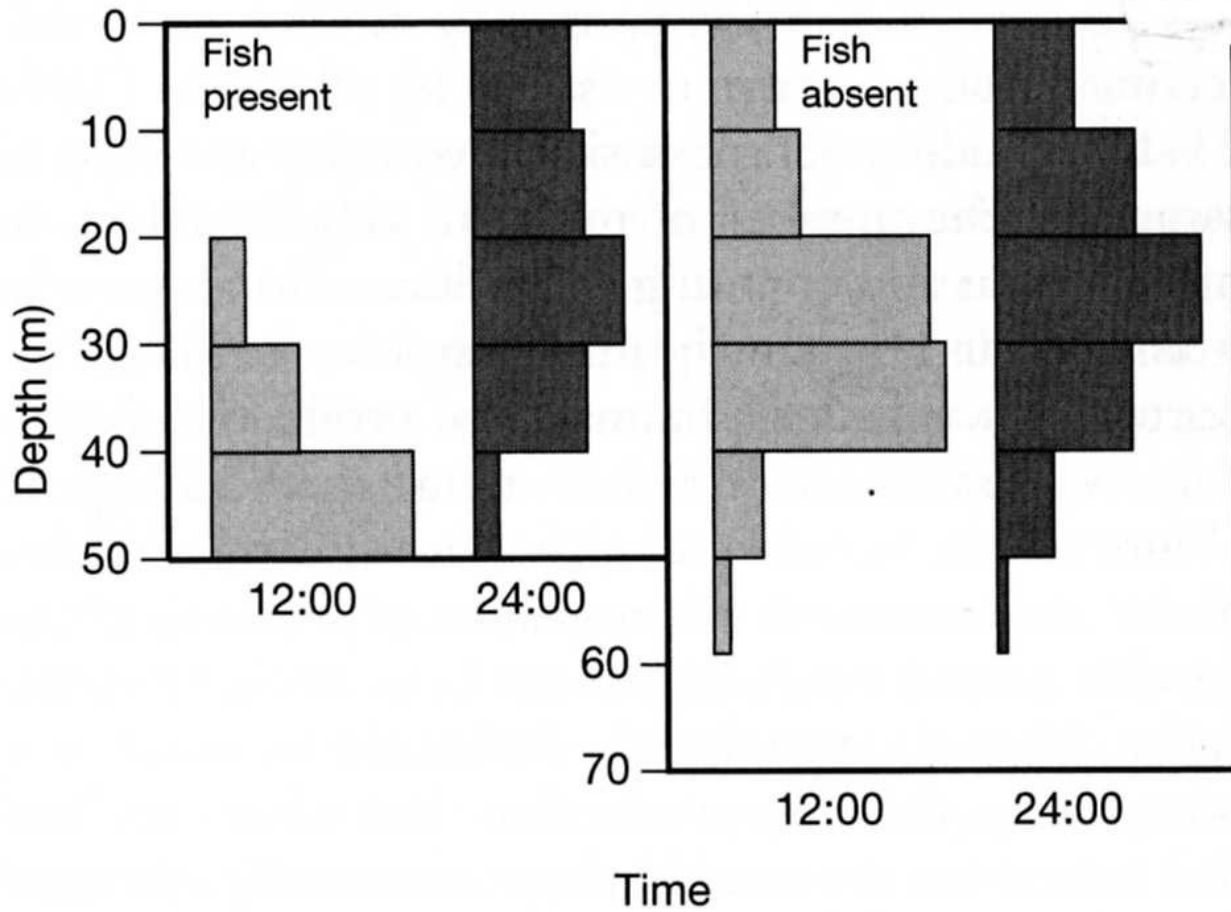
Sezónní cyklus zooplanktonu



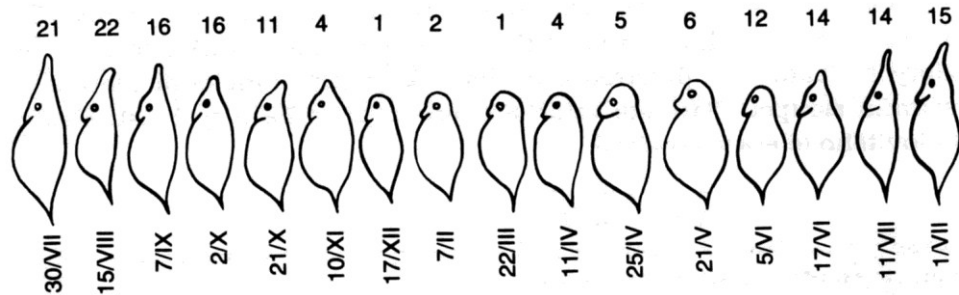
Top – down řízení společenstva



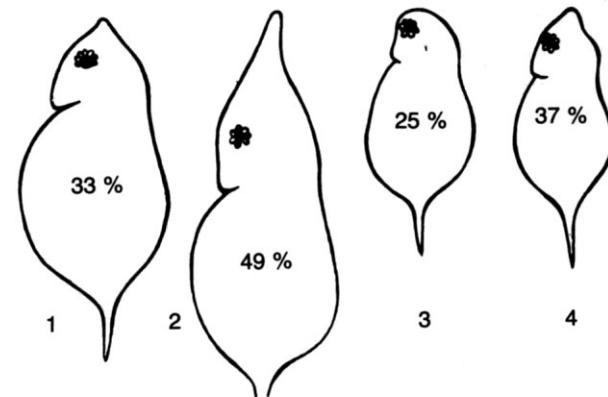
Denní migrace



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 vysokou 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 (*autochtonní versus alochtonní* zatížení organickými látkami) rychlé změny ve složení planktonních společenstev

Jezera versus přehrady ?

Nejvýznamnější rozdíly -

„KAŇONOVITÉ“ přehradní nádrže

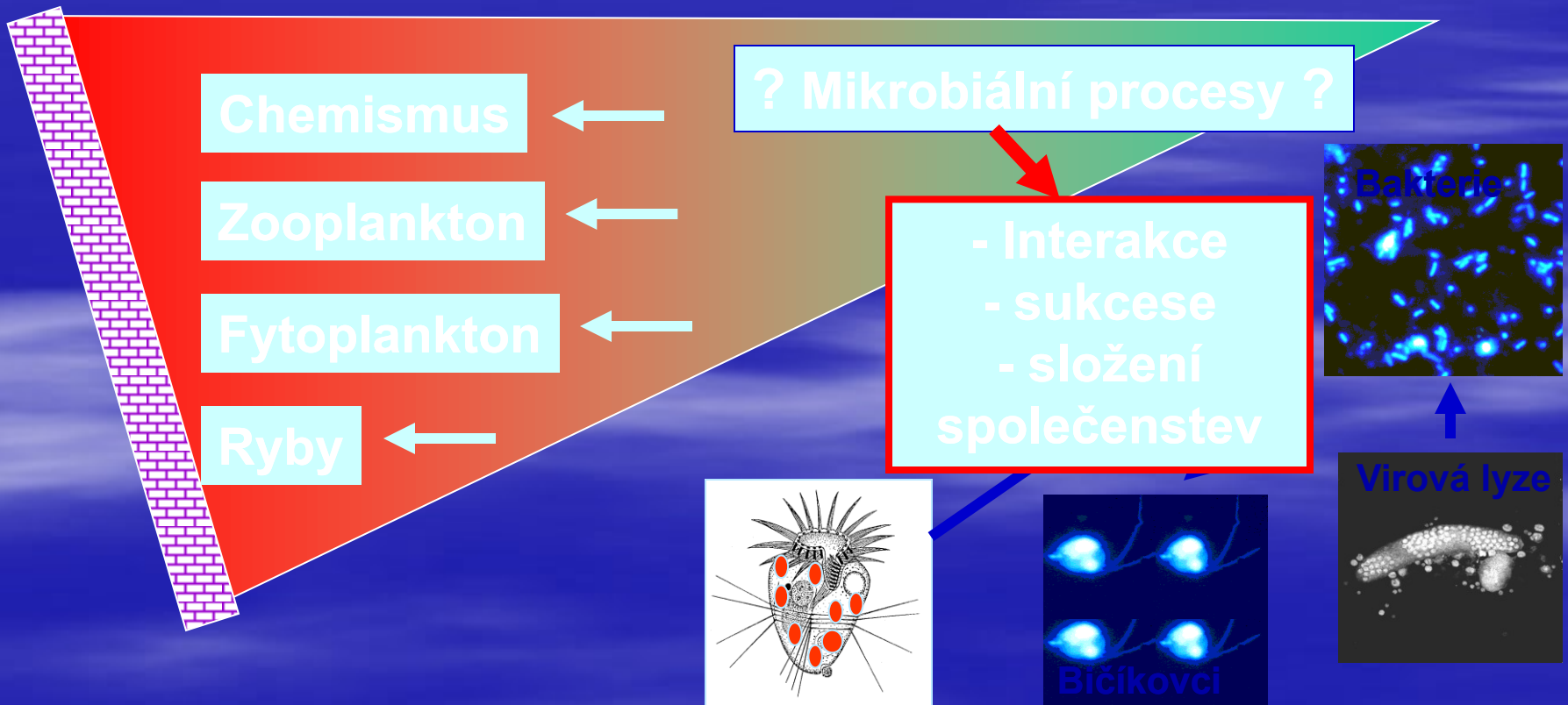
Relativně krátká doba zdržení

Prostorová heterogenita

Gradienty, sukcese

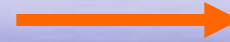
Hráz

ŘEKA



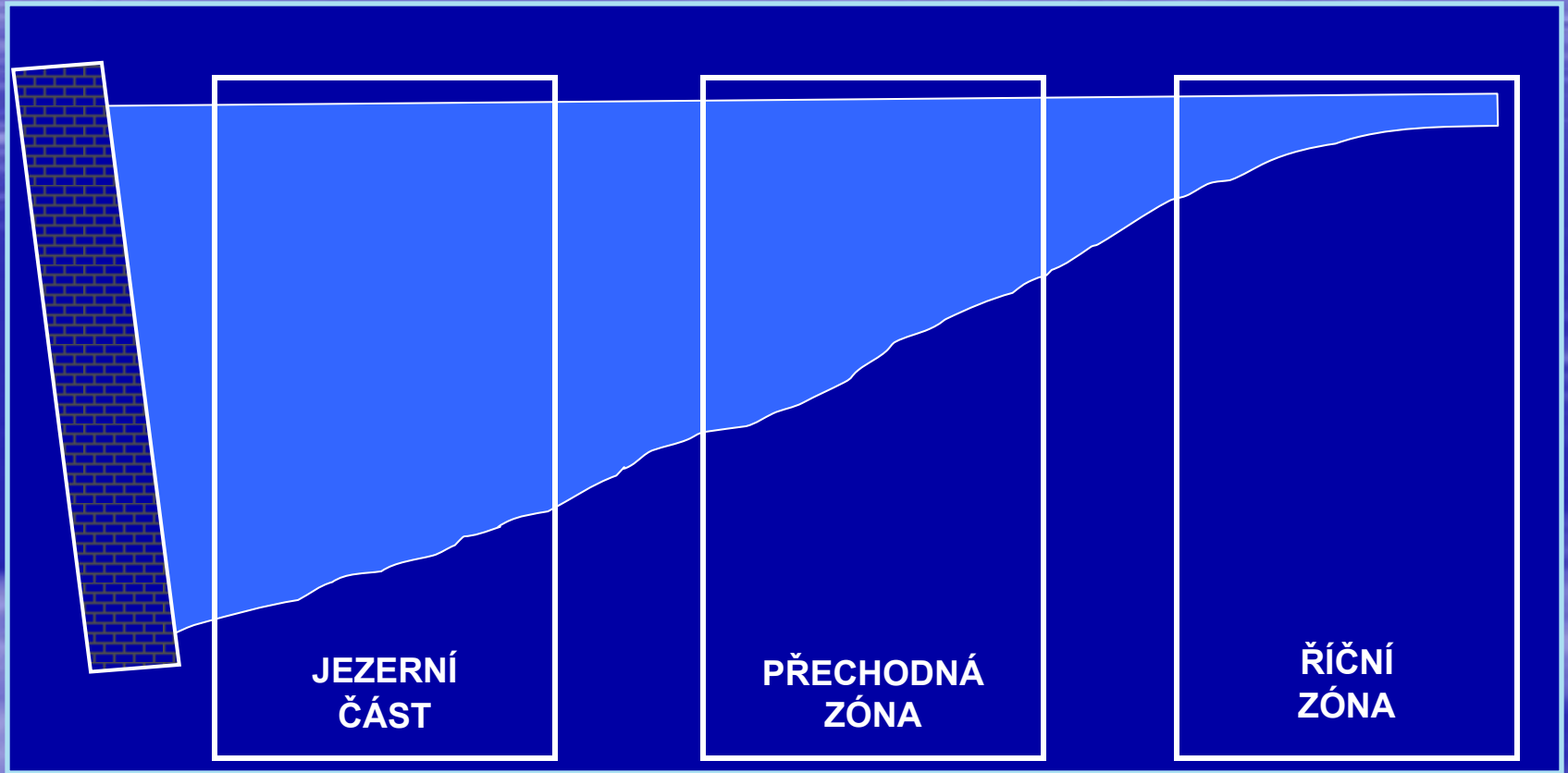
Kaňonovitě nádrže

Přechodné systémy mezi jezery a řekami



**PROSTOROVÁ
HETEROGENITA**

Prostorová heterogenita

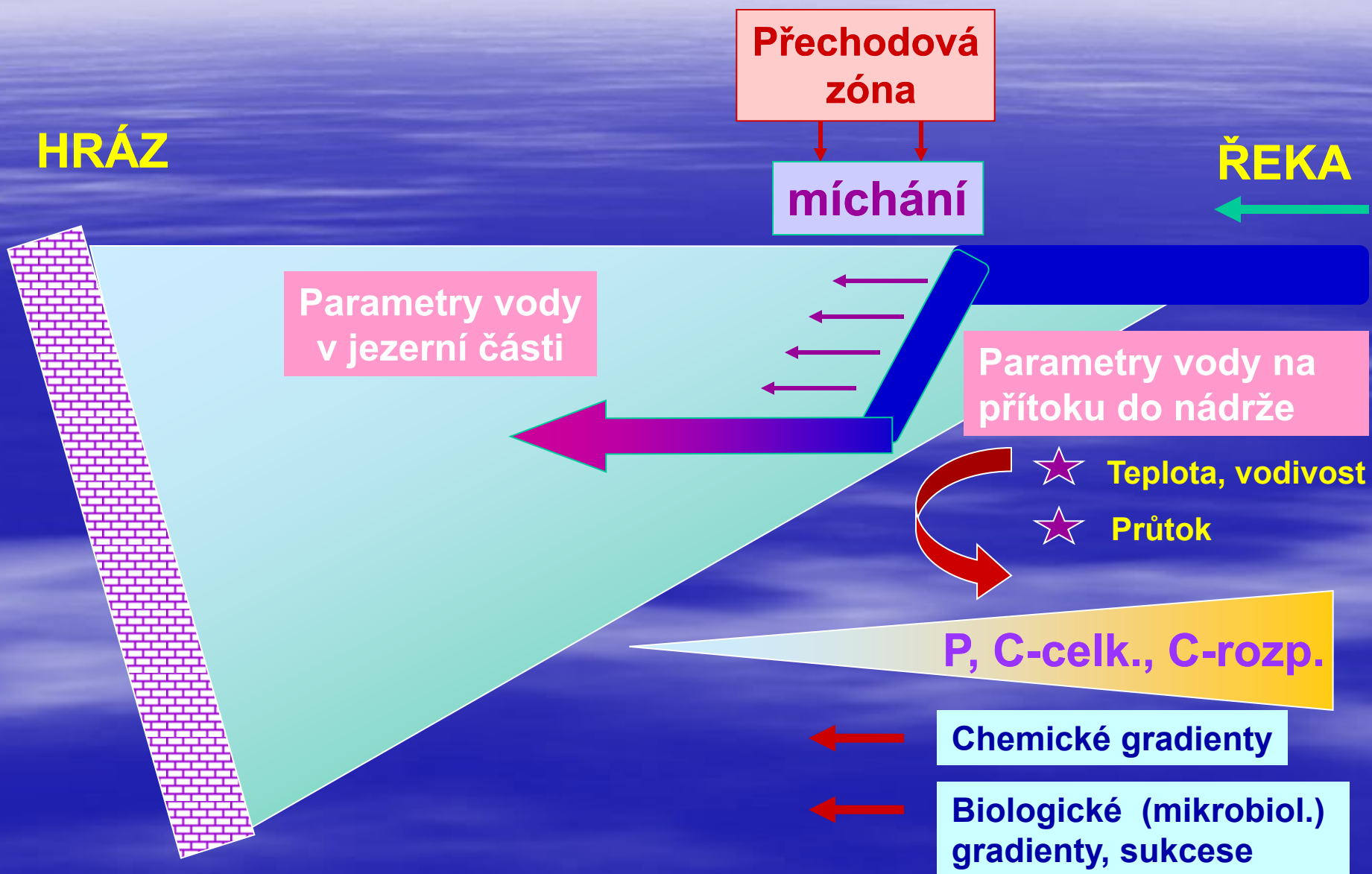


HRÁZ

Významné gradienty v chemických, fyzikálních a biologických parametrech

ŘEKA

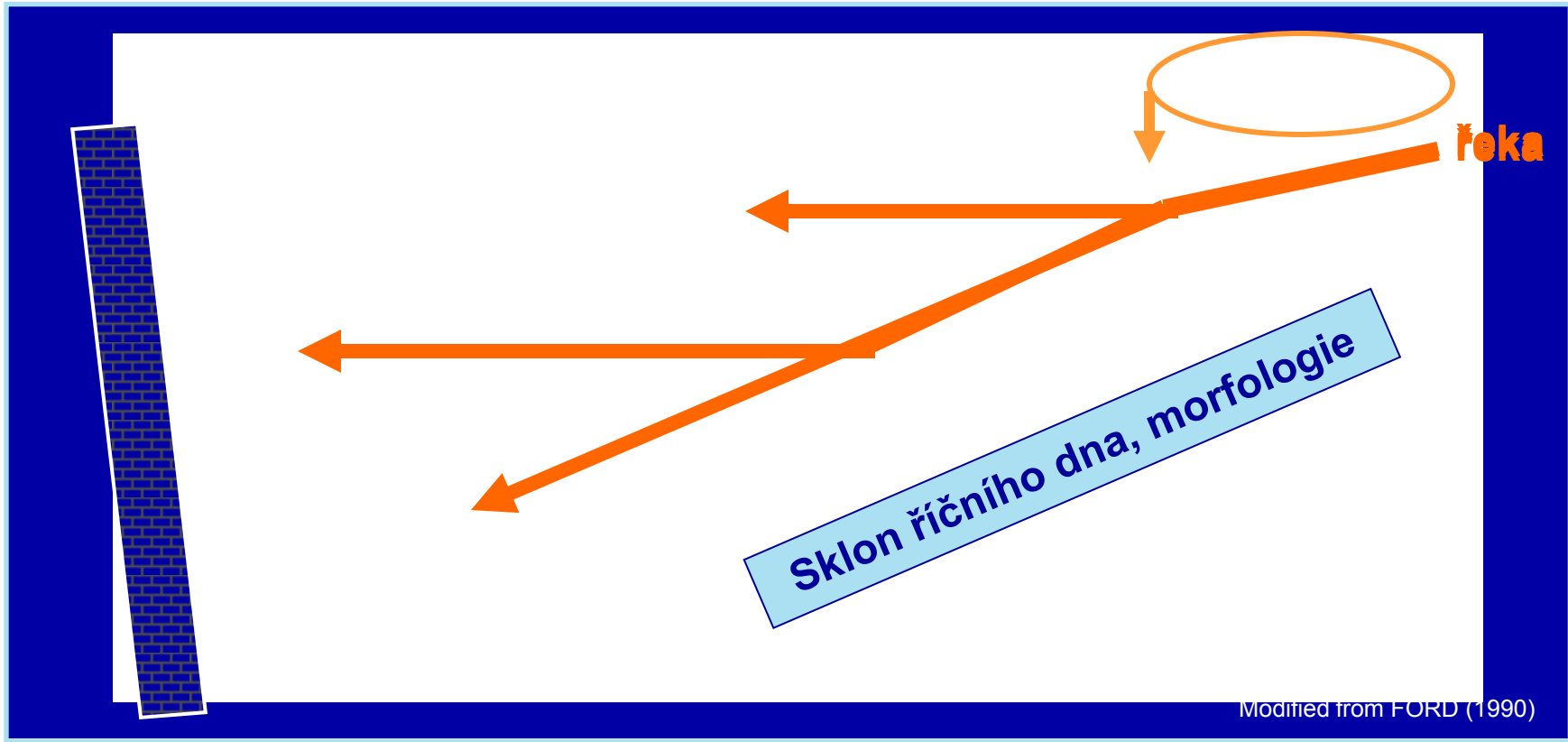
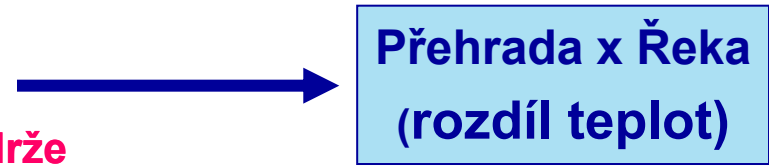
Gradients na podélném profilu kaňonovitých nádrží



Zařazování říční vody do nádrže

3 Typy cirkulace

- mění se hloubka zanoření říční vody do nádrže



Bod zanoření („Plunge point“)

Kaňonovité nádrže – prostorová heterogenita

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

Tři příklady na vzrůstajícím gradientu trofie:

Mesotrofní - ŘÍMOV „meso- eutrofní“

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

<u>Parametr</u>	Římov (1999)	Orlík Vltavské rameno (2000)	Sau (1997-99) (Španělsko)
Objem, mil. m³	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

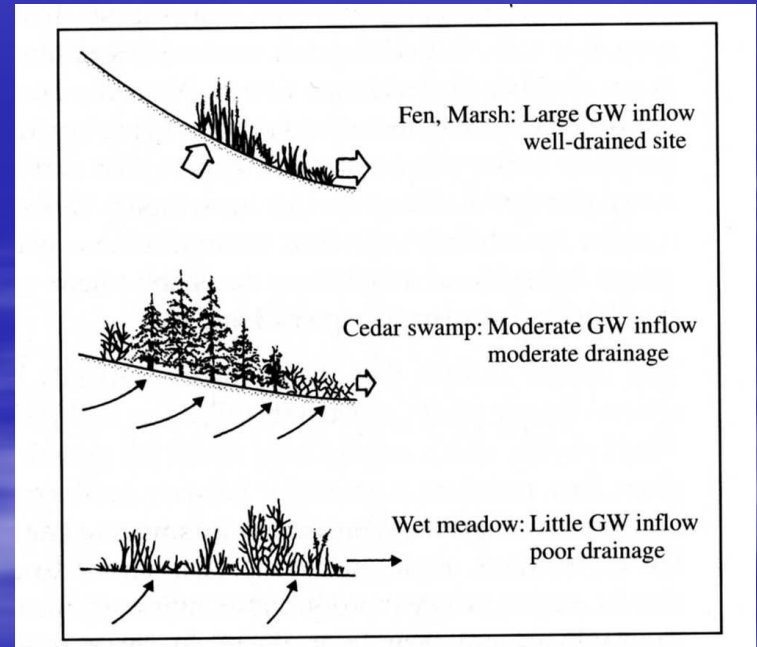
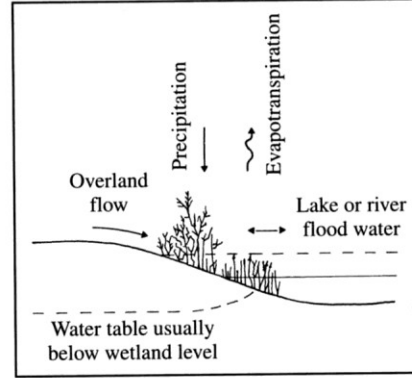
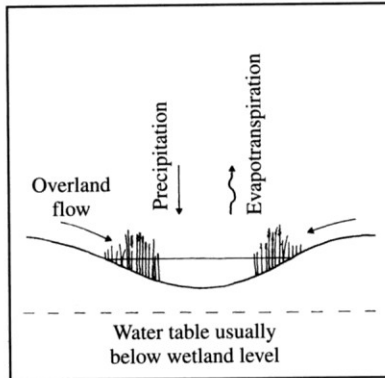
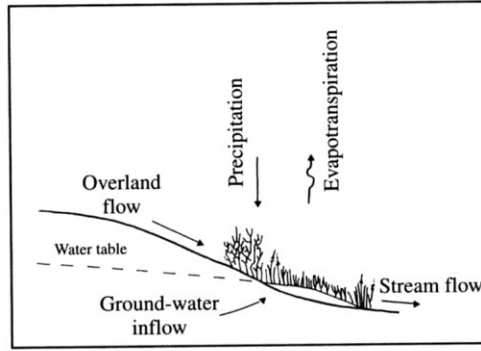
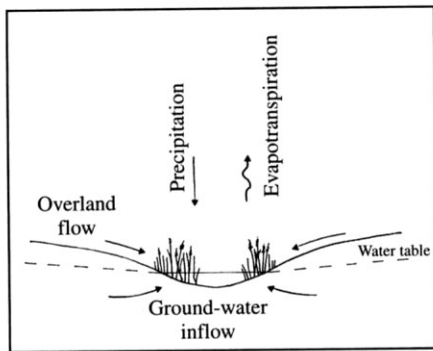
Nejvyšší POC, DOC a BDOC - vys. prim. prod.

Nejvyšší podíl BDOC v DOC - antropogenní vliv

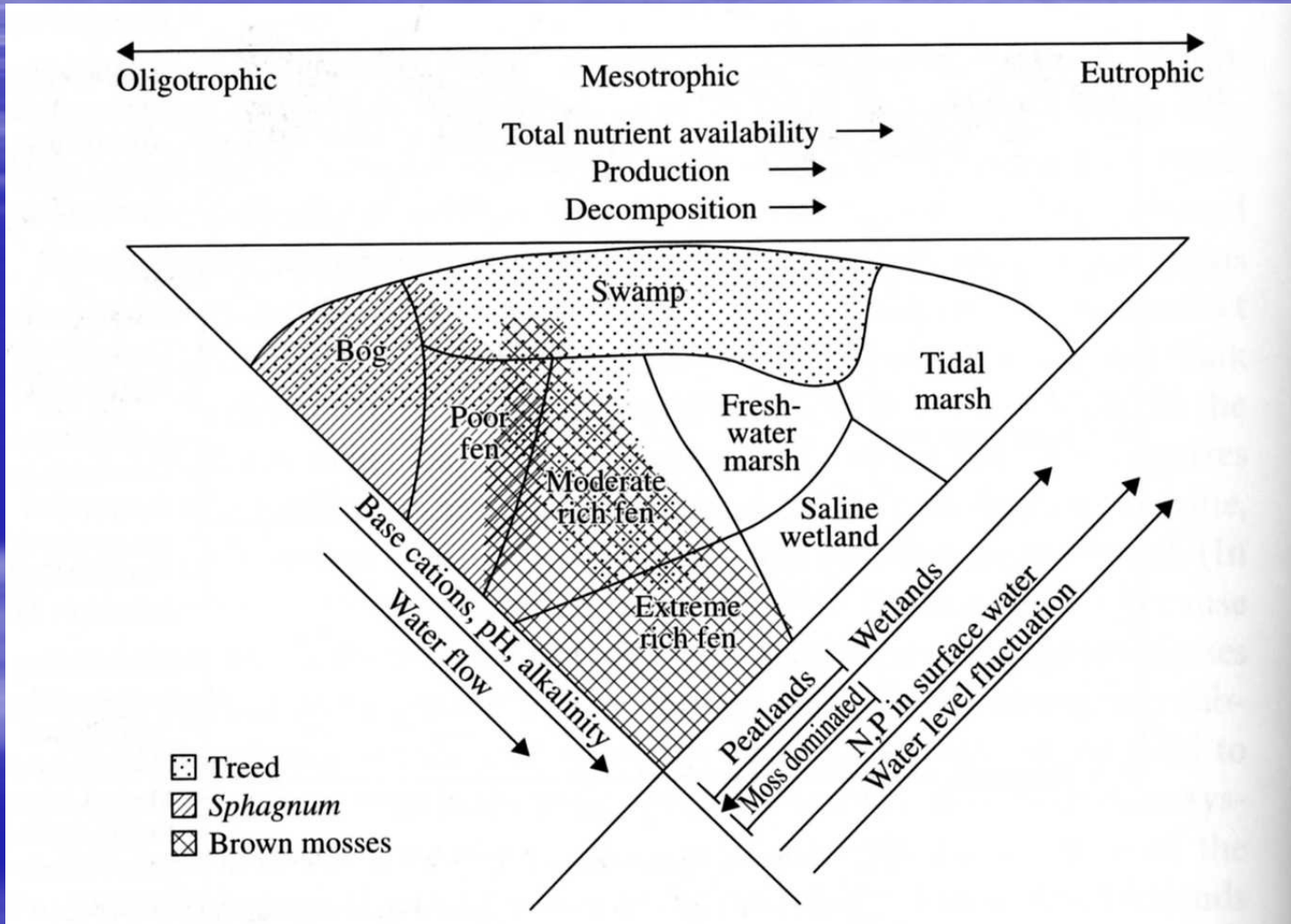
Tůně - klasifikace

- Telmy
 - Fytotelmy – úžlabí listů (bromeliovitě 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

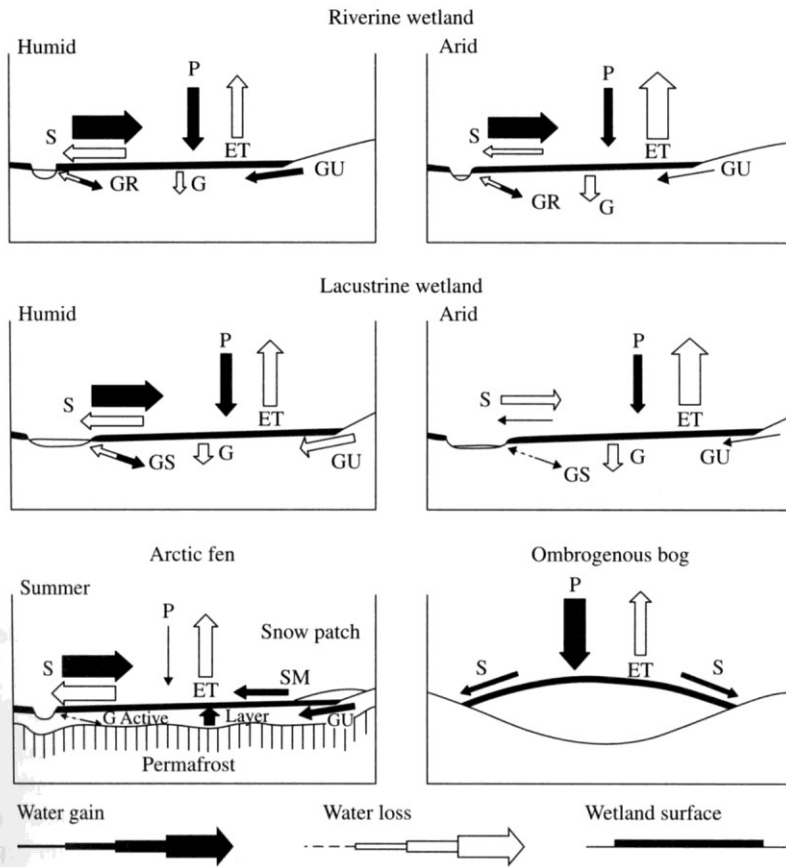
Mokřady - wetlands



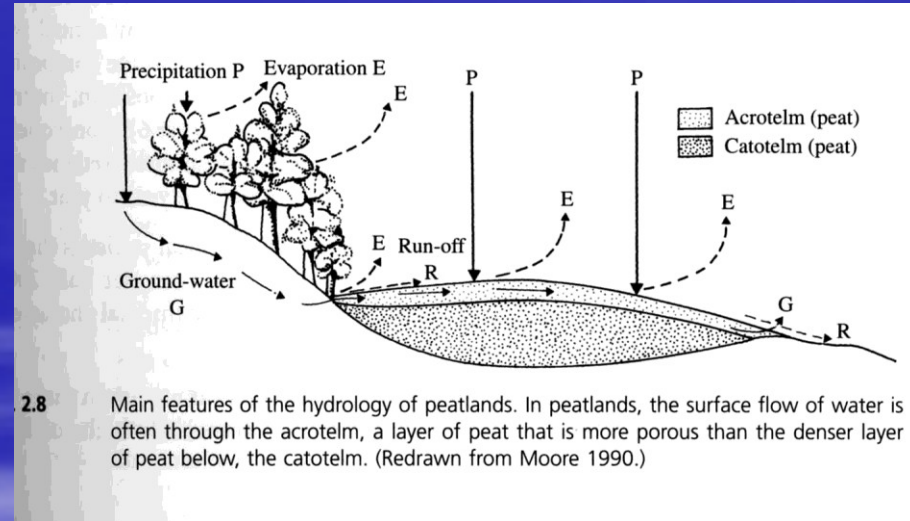
Typy mokřadů



Vodní režim mokřadů

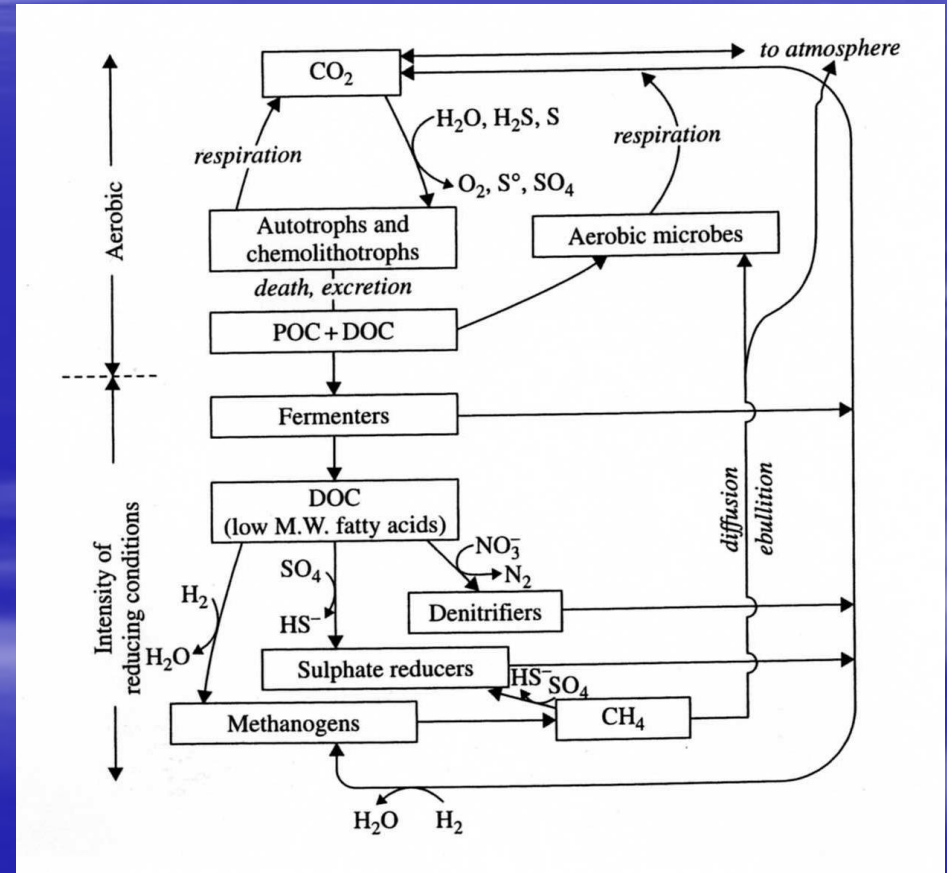
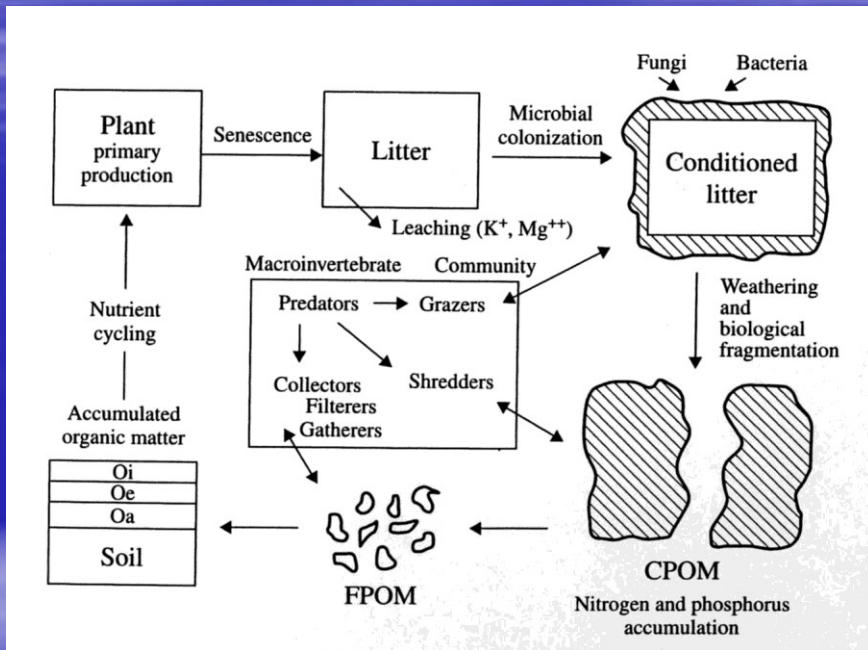


g. 2.7 Major inflows and outflows of water in riverine and lacustrine wetlands, arctic fens, and ombrogenous bogs. Precipitation (P), surface flows (S), groundwater flows (G), groundwater flow to or from rivers (GR), groundwater flows from uplands (GU), evapotranspiration (ET), surface flow (S), groundwater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

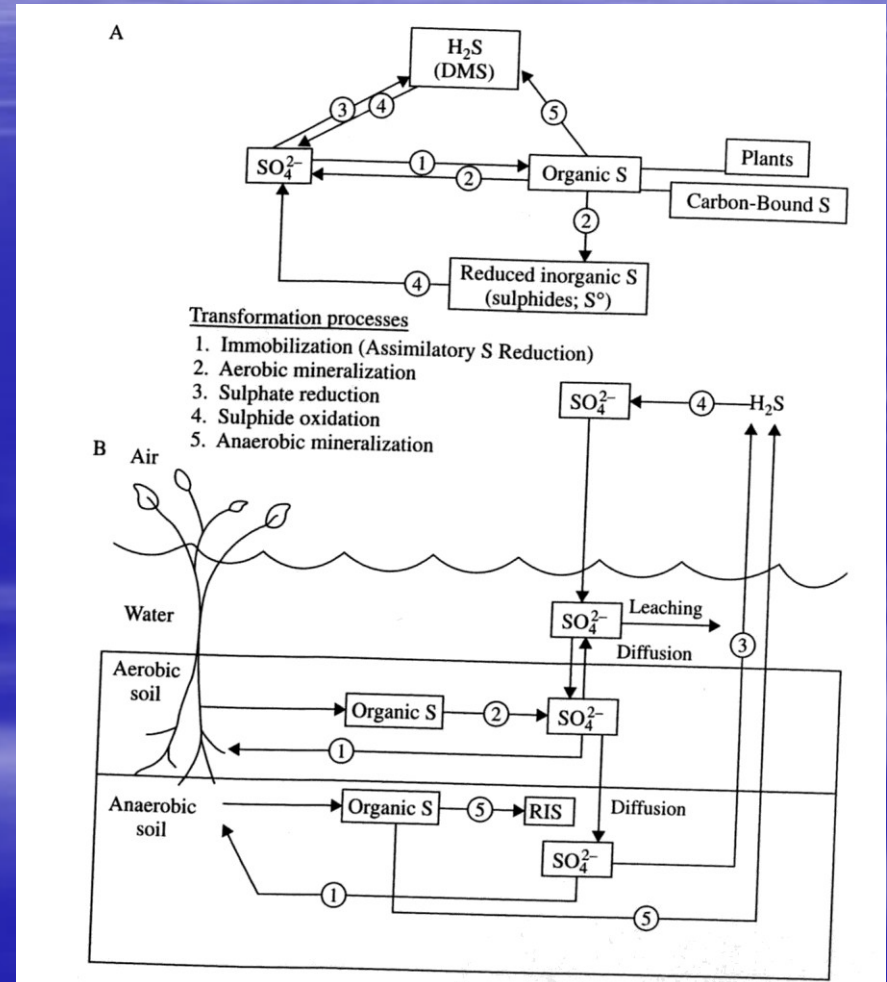
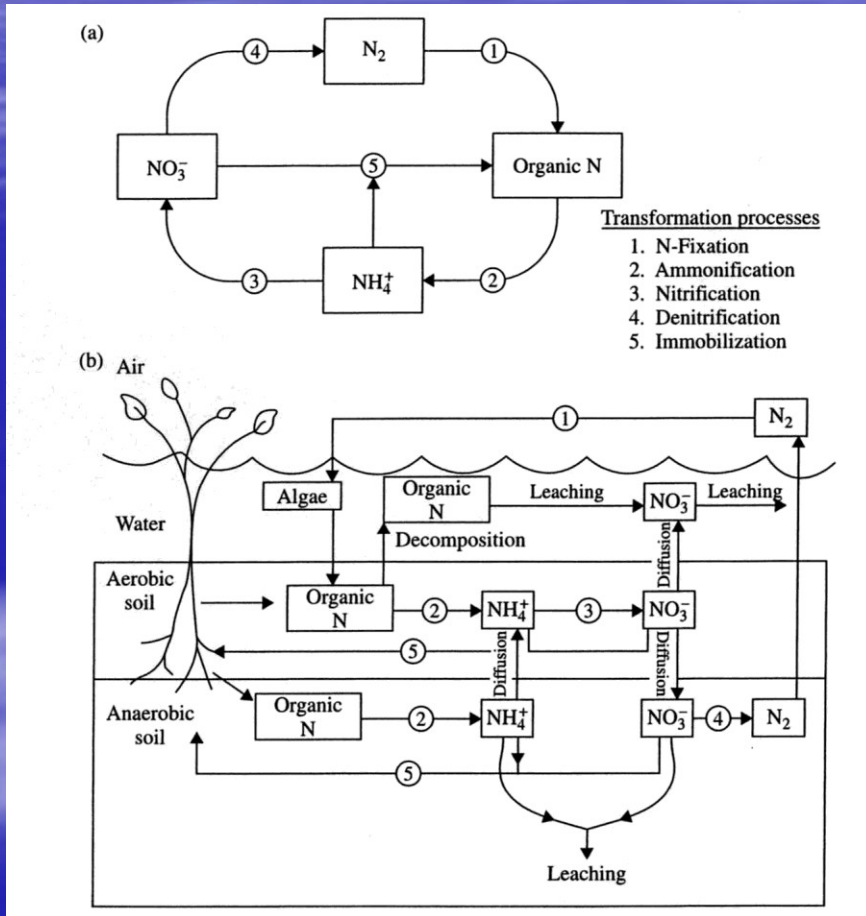


2.8 Main features of the hydrology of peatlands. In peatlands, the surface flow of water is often through the acrotelm, a layer of peat that is more porous than the denser layer of peat below, the catotelm. (Redrawn from Moore 1990.)

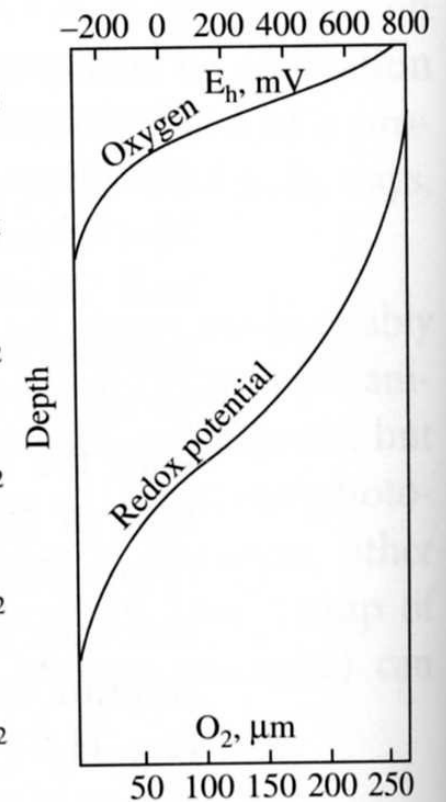
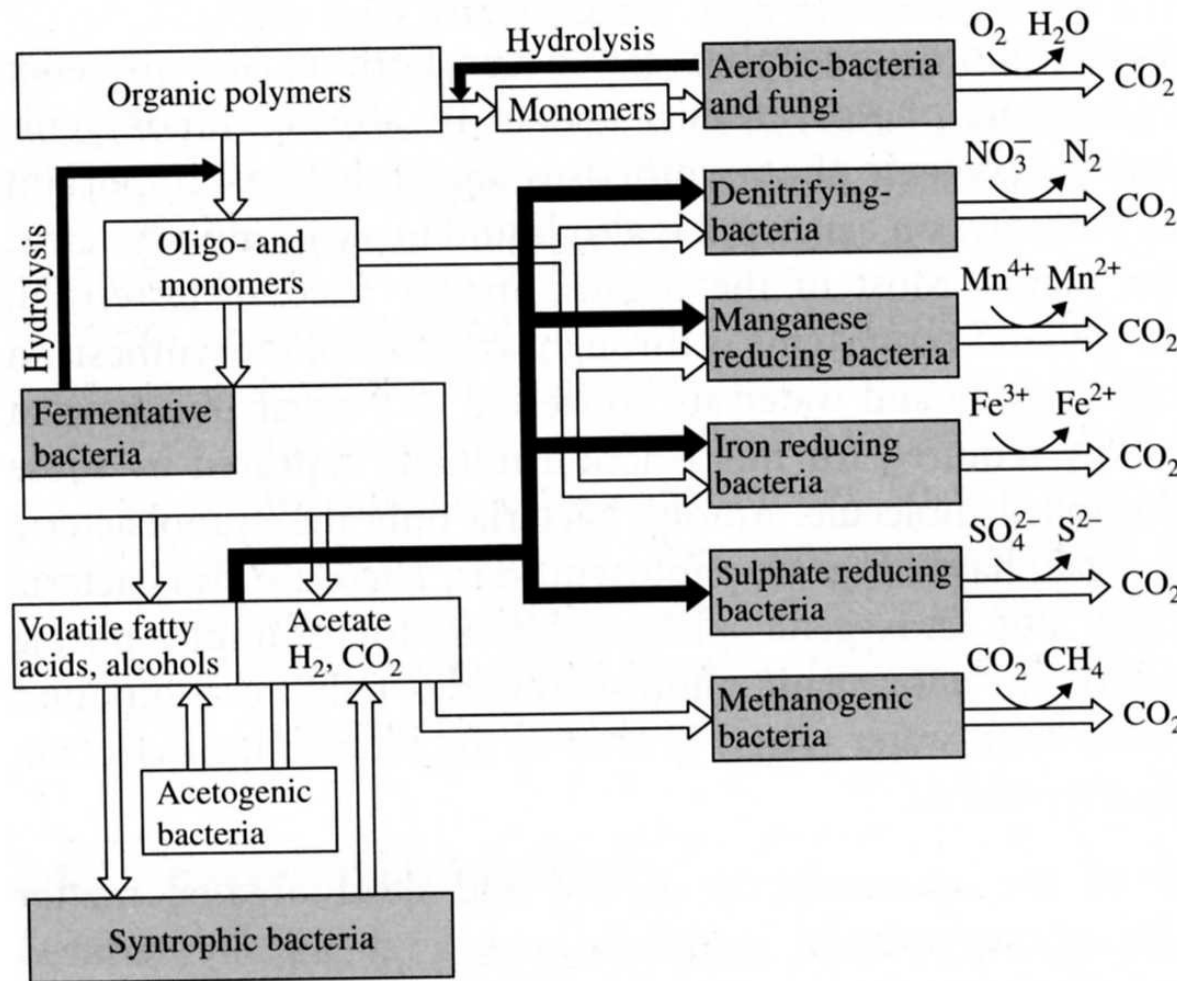
Rozklad org. Hmoty a koloběh uhlíku



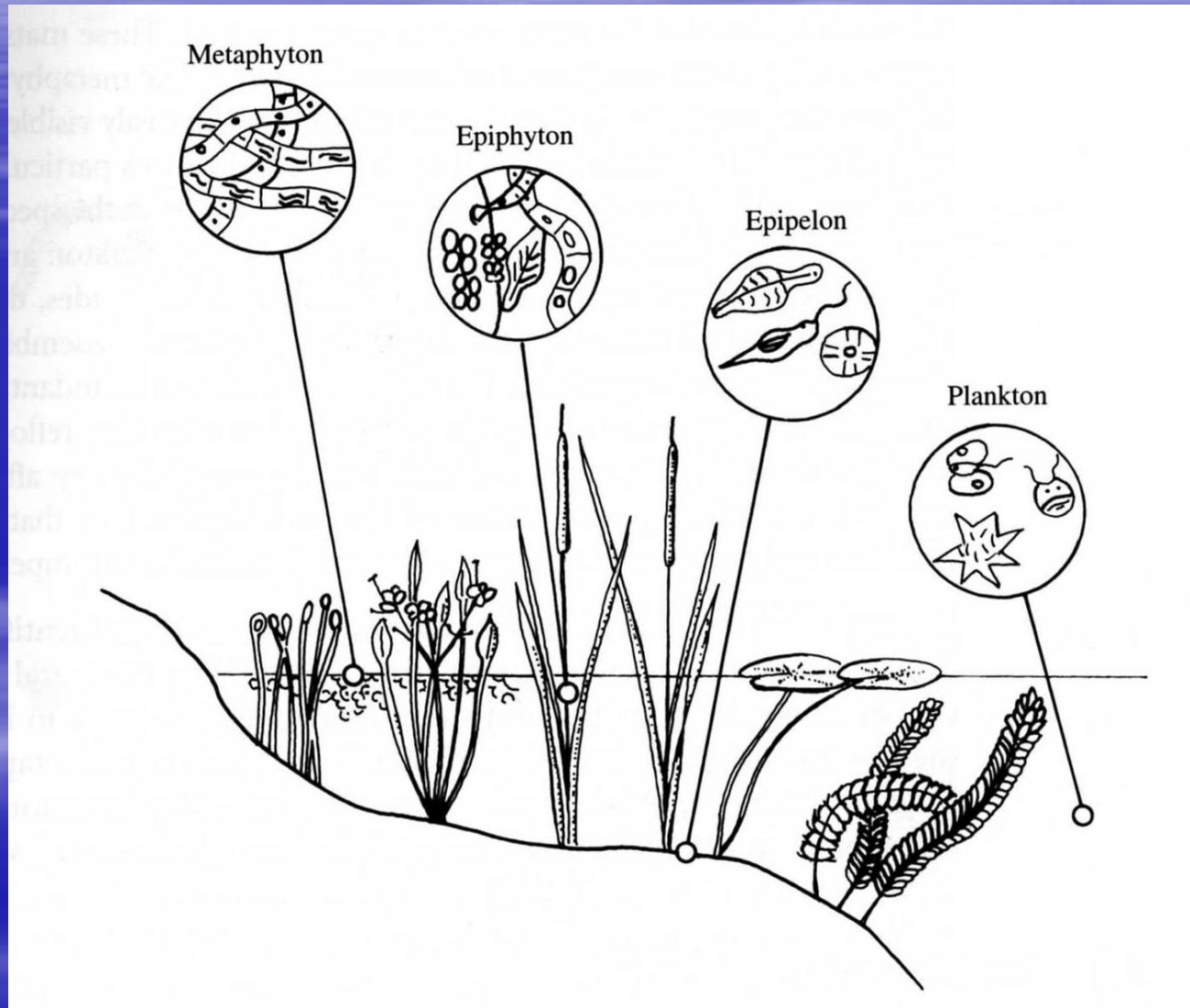
Koloběh dusíku a síry



Biotické procesy - mikroorganismy



Ekologické skupiny



Potravní síť

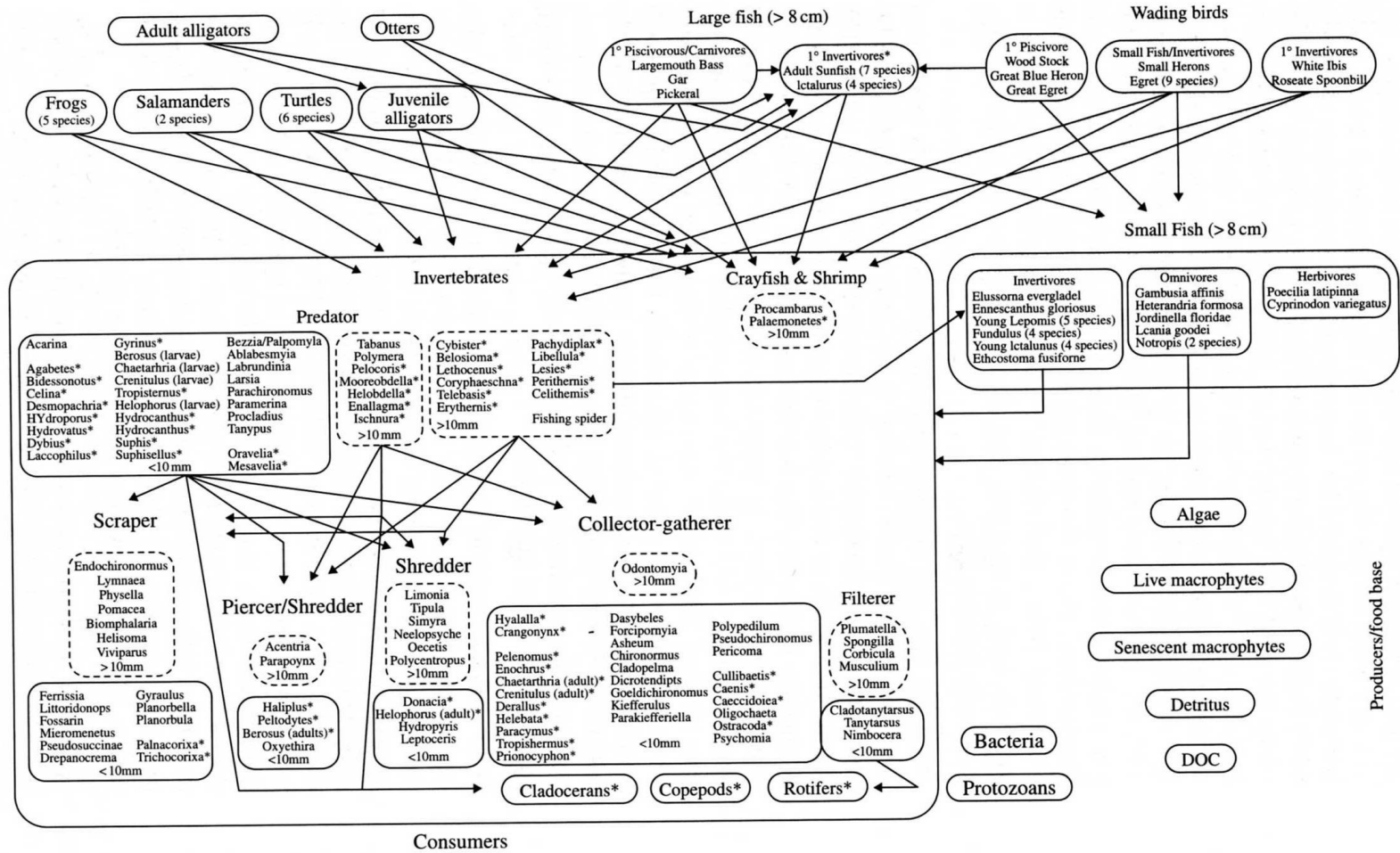


Fig. 6.10

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, scrapper, piercer-shredder, filterer, predator). Invertebrates play a central role in this and all other wetland food web. (From Rader 1999.)