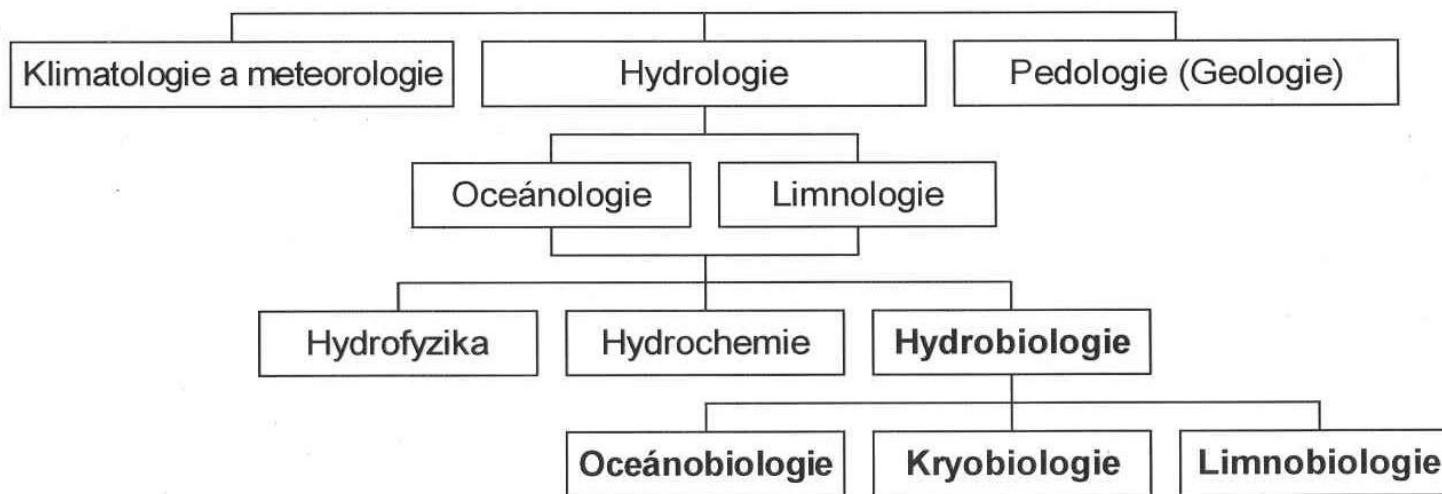


**Základy hydrobiologie  
(limnologie, limnoekologie,  
limnobiologie)**

**Jan Helešic**

([helesic&sci.muni.cz](mailto:helesic&sci.muni.cz))

## Propojení vědního oboru hydrobiologie s ostatními environmentálními vědami



# Základní učebnice

Doc. Dr. Rud. Šrámek-Hušek

## ÚVOD DO LIMNOBIOLOGIE (O ŽIVOTĚ V NAŠICH VODÁCH)

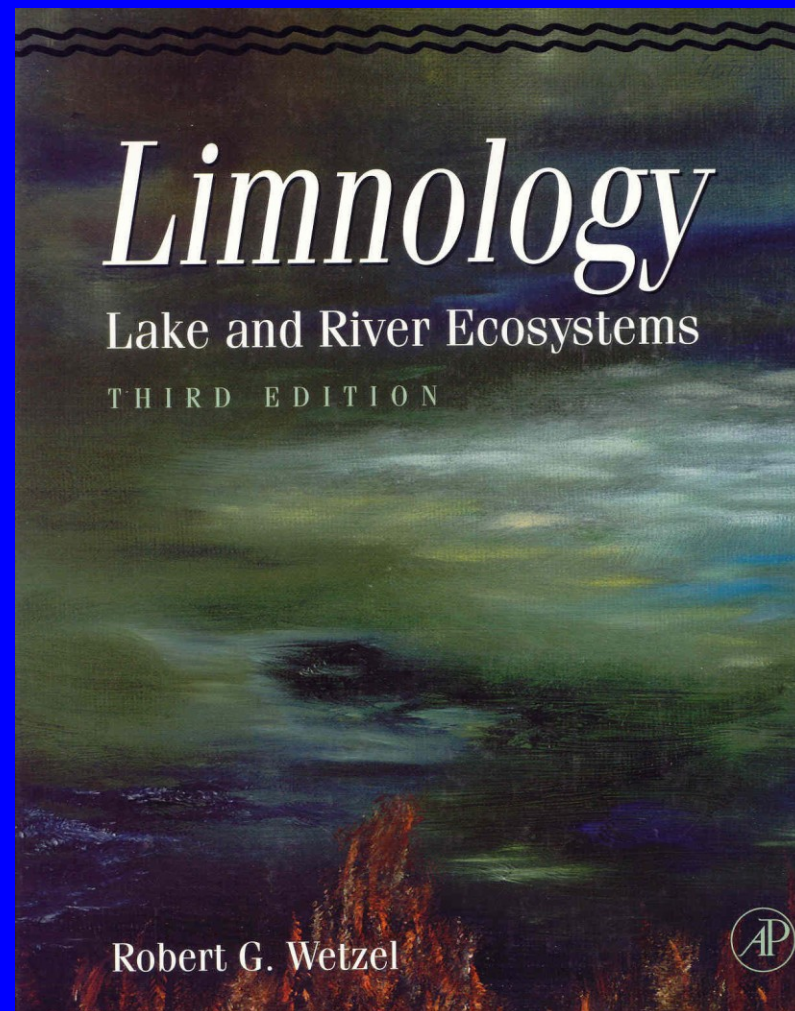
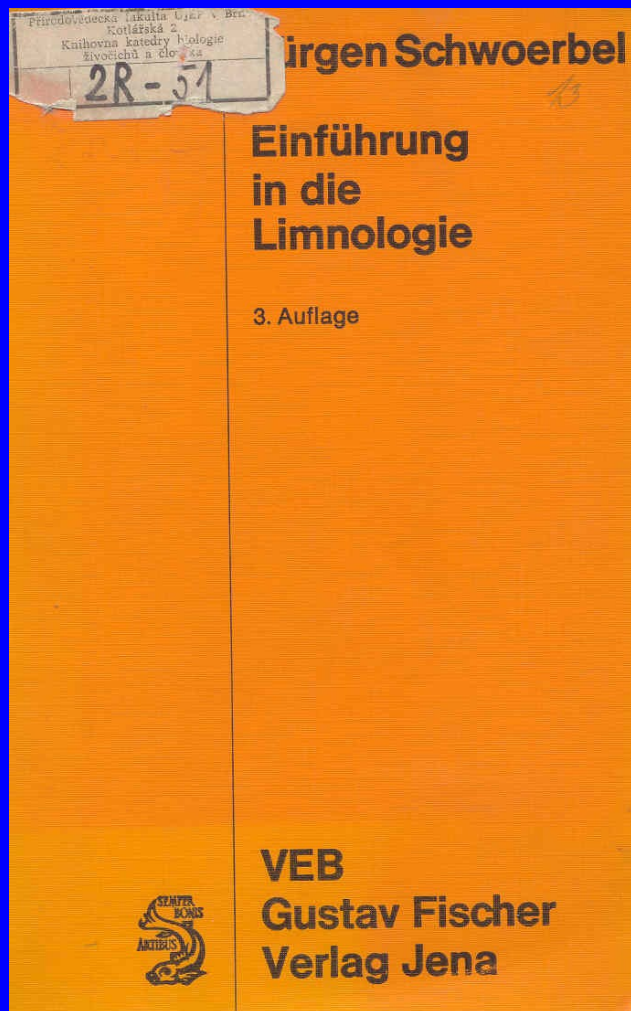


## Jan Lellák František Kubíček HYDROBIOLOGIE



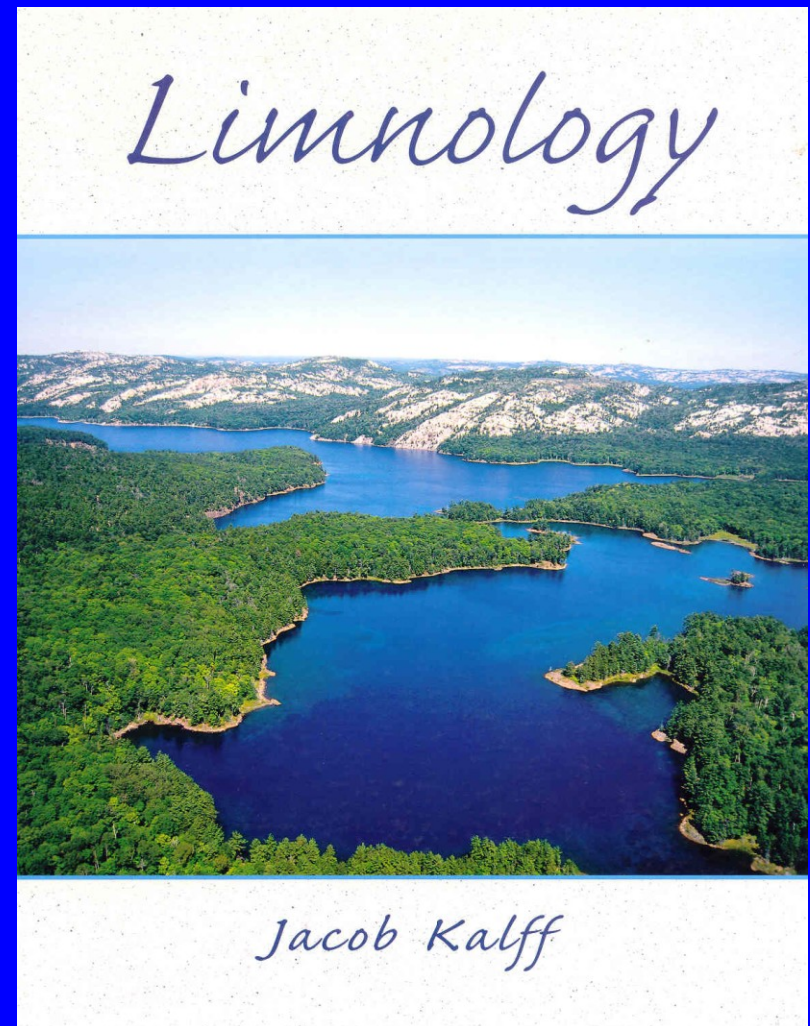
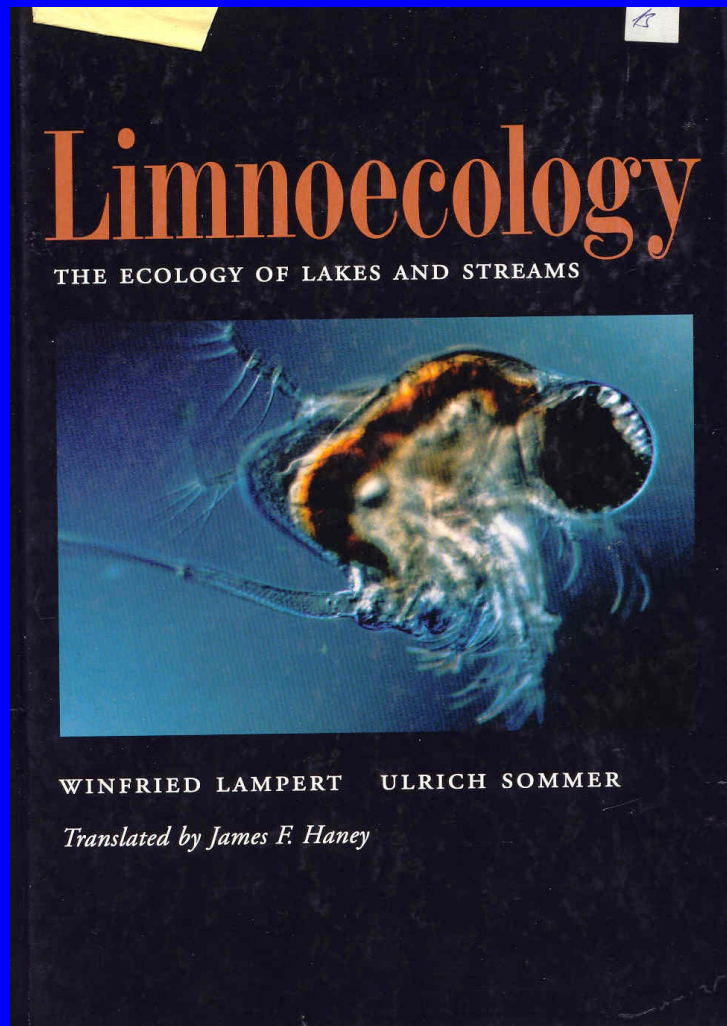
UNIVERZITA KARLOVA - PRAHA

# Základní učebnice



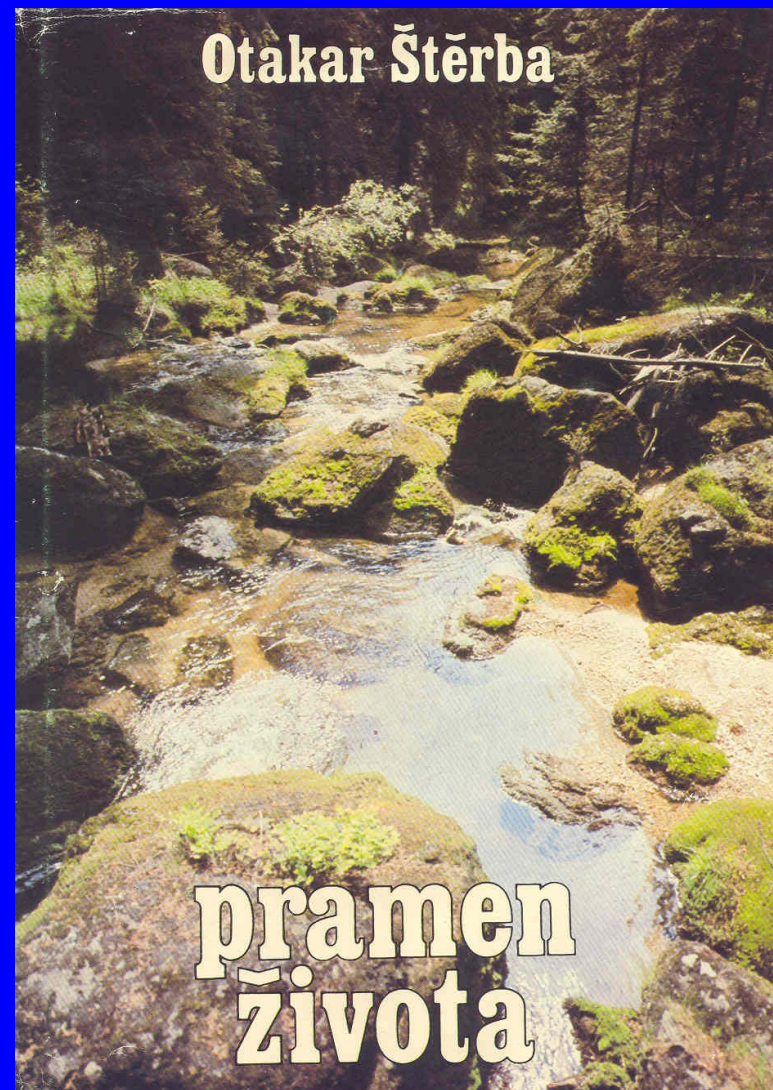
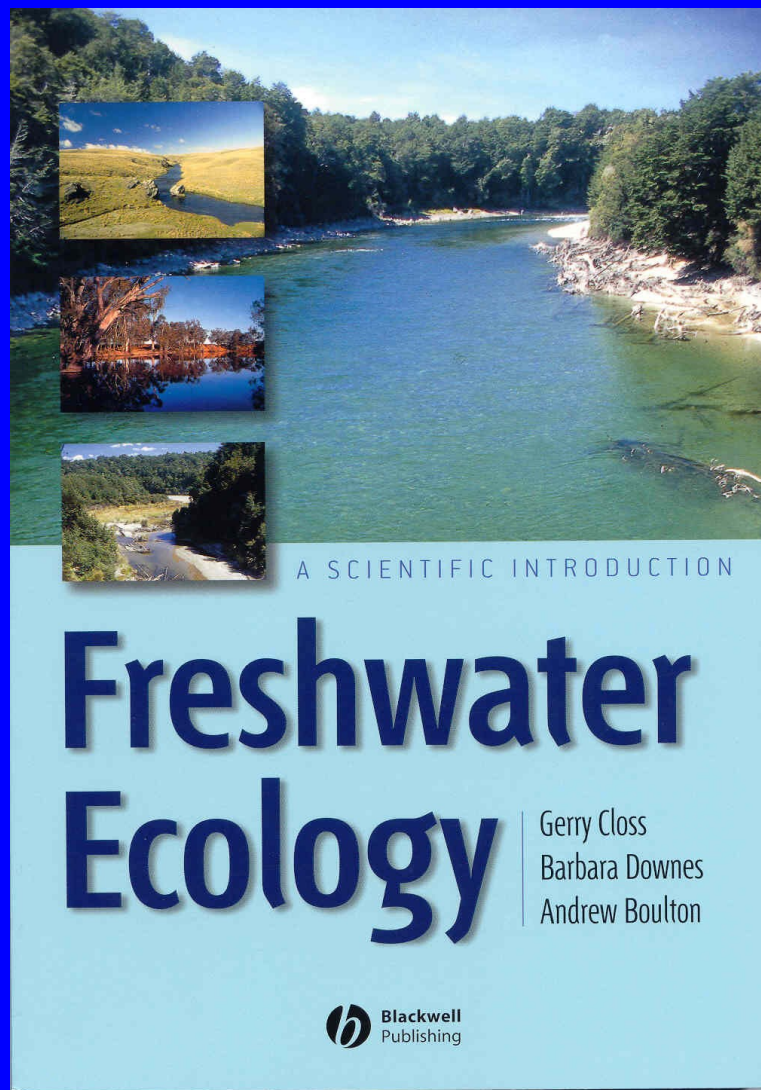


# Základní učebnice

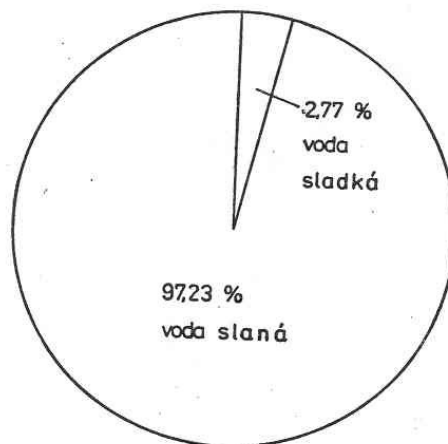




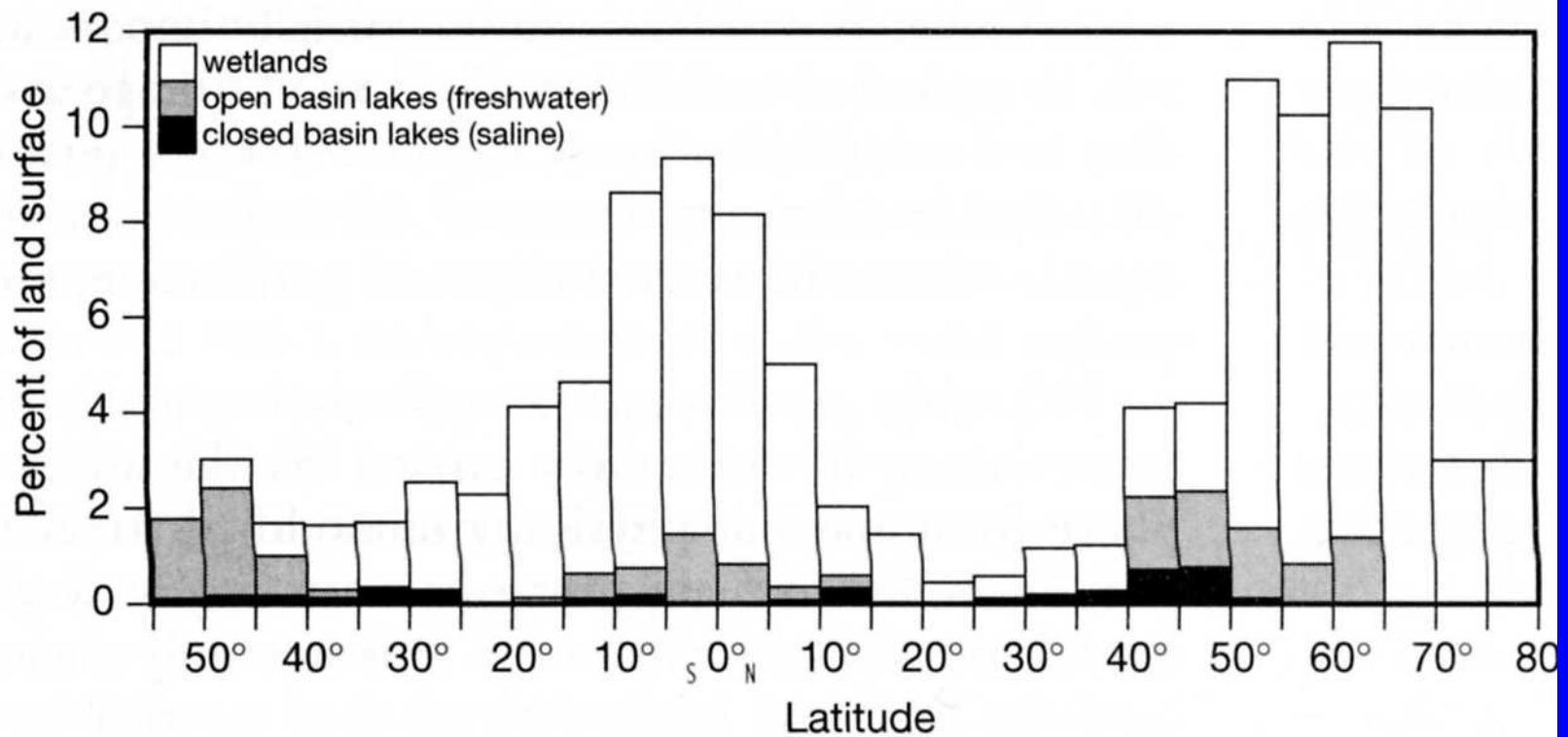
# Základní učebnice



# Voda na Zemi



# Rozložení pevninské vody v biomu Země



# Zásoby vody v jezerech

*Table 4-4* Classification of lakes and ponds based on surface area, with extrapolated estimates of the number of lakes worldwide in each size category and the total surface area per lake or pond size category, 1km<sup>2</sup> = 100 ha. ND = Not Determined.

Type	Surface Area km <sup>2</sup>	Number of Lakes	Total Surface Area km <sup>2</sup>
Great lakes	>10,000	19	997,000 <sup>1</sup>
Large lakes	10,000–100	1,504	686,000
Medium lakes	100–1	139,000	642,000
Small lakes	1–0.1	~1,110,000 <sup>2</sup>	~288,000 <sup>2</sup>
Large ponds	0.1–0.01	~7,200,000 <sup>2</sup>	~190,000 <sup>2</sup>
Other ponds	<0.01	ND	ND

<sup>1</sup>Caspian Sea alone contributes 374,000 km<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>Low accuracy, based on extrapolations.

Source: Modified after Häkanson 1977, and Maybeck 1995.



Name	Surface Area (km <sup>2</sup> )	Name	Volume (km <sup>3</sup> )	Name	Maximum Depth (m)
Caspian [T] [IR, RU]	374,000	Caspian	78,200	Baikal	1,741
Superior [G+T] (CA, US)	82,100	Baikal	22,995	Tanganyika	1,471
Aral [T] (KZ, UZ)	43,000 <sup>1</sup>	Tanganyika	17,827	Caspian	1,025
Victoria [T] (KE, TZ, UG)	62,940	Superior	12,230	Malawi	706
Huron [G] (CA, US)	59,500	Malawi	6,140	Issykkul (K)	702
Michigan [G] (US)	57,750	Michigan	4,920	Great Slave	614
Tanganyika [T] (BI, TZ, ZR, ZM)	32,000	Huron	3,537	Matana (ID)	590
Baikal [T] (RU)	31,500	Victoria	2,518	Crater [V] (US)	589
Great Bear [G] (CA)	31,326	Great Bear	2,292	Toba [V+T] (ID)	529
Tonle Sap [F] (KH)	30,000 <sup>2,3</sup>	Great Slave	2,088	Sarez [F] (TJ)	505
Great Slave [G] (CA)	28,568	Issykkul [T] (KG)	1,738	Tahoe [T] (US)	501
Chad [T] (CD, NE, NG, CM)	25,900 <sup>4</sup>	Ontario	1,637	Hornindalsvatn [G] (NO)	514
Erie [G] (CA, US)	25,657	Aral	1,451	Chelan [T] (US)	489
Winnipeg [G] (CA)	24,387	Ladoga	908	Kivu [T+V] (RW, ZR)	480
Malawi (NYASA) [T] (MW, MZ, TZ)	22,490	Titicaca [T] (BO, PE)	827	Quesnel [G] (CA)	475
Balkhash [T] (KZ)	22,000	Reindeer [G] (CA)	585	Adams [T] (CA)	457
Ontario [G] (CA, US)	19,000	Helmand (AF, IR)	510	Fagnano (AR, CL)	449
Ladoga [G+T] (RU)	18,130	Erie	483	Mjosa (NO)	449
Bangweulu (ZM)	15,100 <sup>2</sup>	Hovsgol (MN)	480	Salsvatn (NO)	445
Maracaibo [T, C] (VE)	13,010	Winnipeg	371	Manapouri (NZ)	443

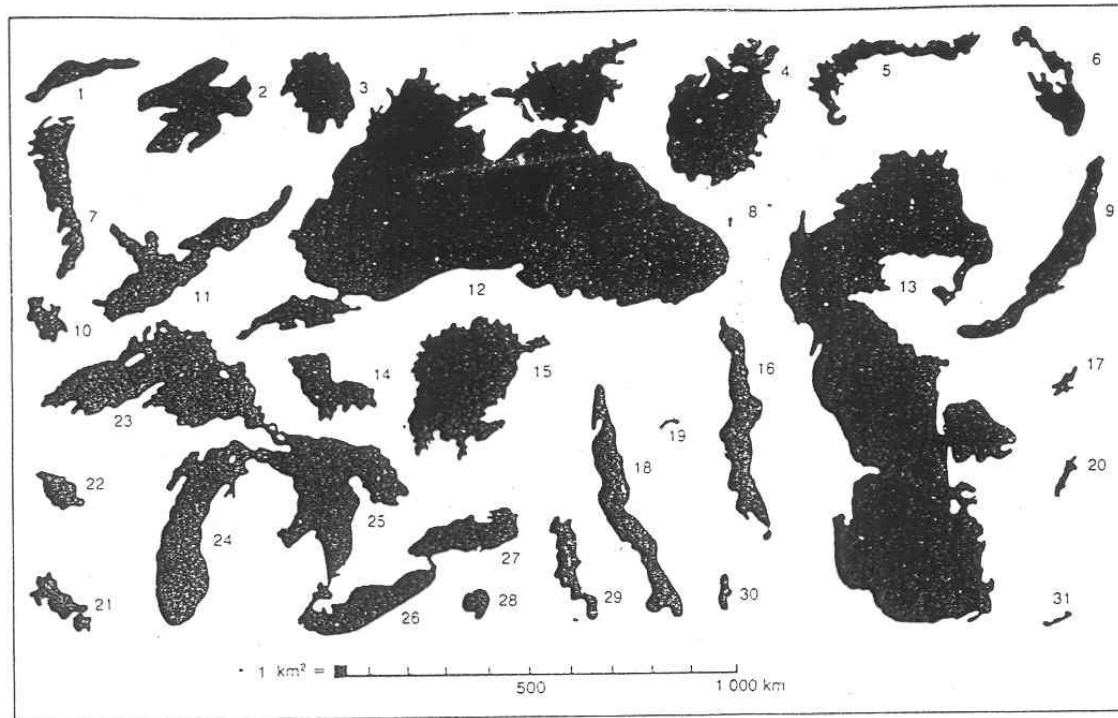
<sup>1</sup>Water extraction from inflowing rivers reduced area to ~ 24,200 km<sup>2</sup> and the volume by 84 percent (see Sec. 5.7) in 2000.

<sup>2</sup>Flood control and irrigation have reduced area to about 11,000 km<sup>2</sup>.

<sup>3</sup>Wide fluctuations due to seasonal flooding.

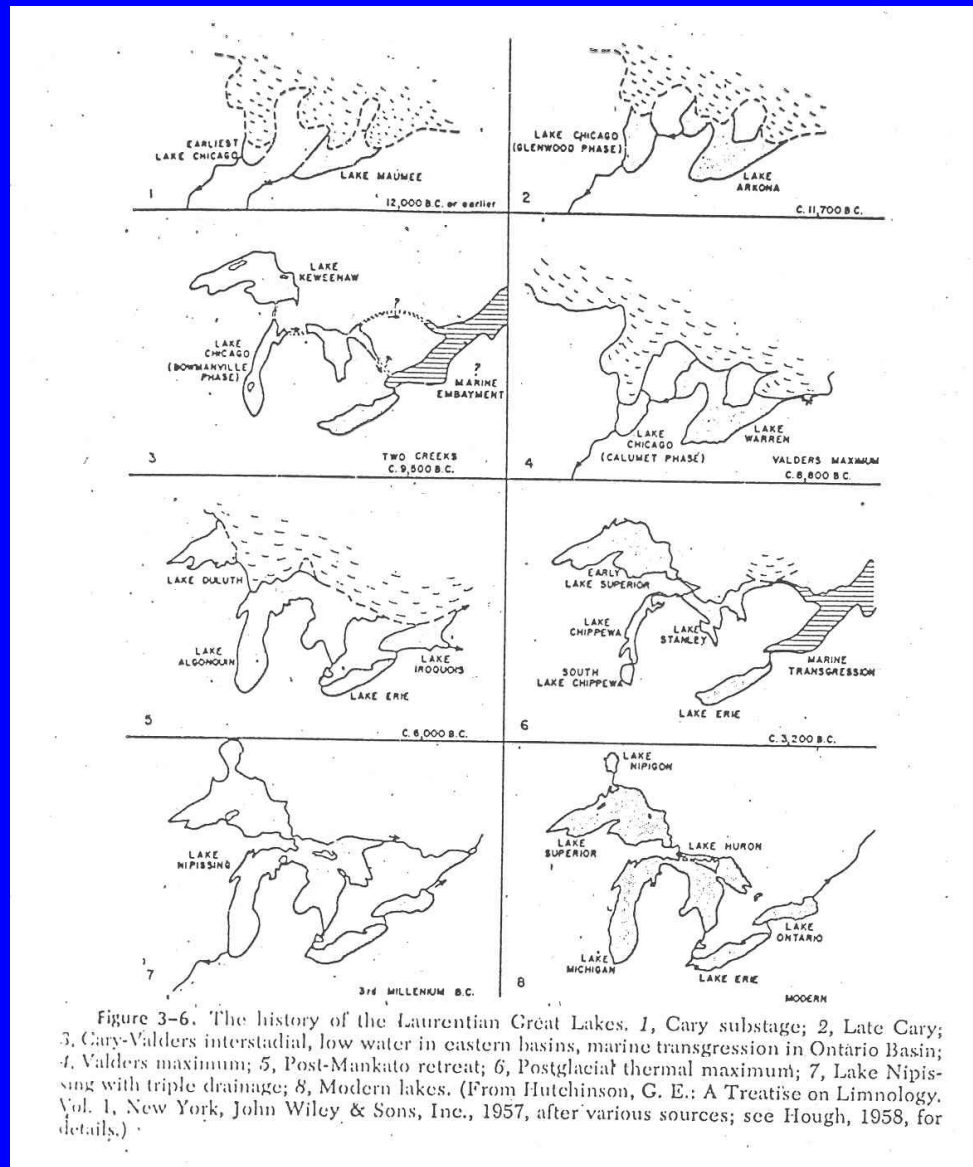
<sup>4</sup>Drought has reduced the area to about 2,500 km<sup>2</sup>.

# Zásoby vody - jezera



2. Rozloha některých velkých kontinentálních vodních nádrží (vše ve stejném měřítku):  
1 jezero Athobaska, 2 Velké Medvědí, 3 Ladoga, 4 Aralské, 5 Balkaš, 6 Oněga, 7 Winnipeg,  
8 Neusiedlerské, 9 Bajkal, 10 Velké Solné, 11 Velké Otročí, 12 Černé moře, 13 Kaspické moře,  
14 jezero Čad, 15 Viktoriino, 16 Njasa, 17 Innaren, 18 Tanganjika, 19 Ženevské, 20 Vättern,  
21 Titicaca, 22 Nicaragua, 23 Hořejší, 24 Michigan, 25 Huron, 26 Erie, 27 Ontario, 28 Tana,  
29 Rudolfovo, 30 Mrtvé moře, 31 Balaton

# Vývoj jezerních systémů



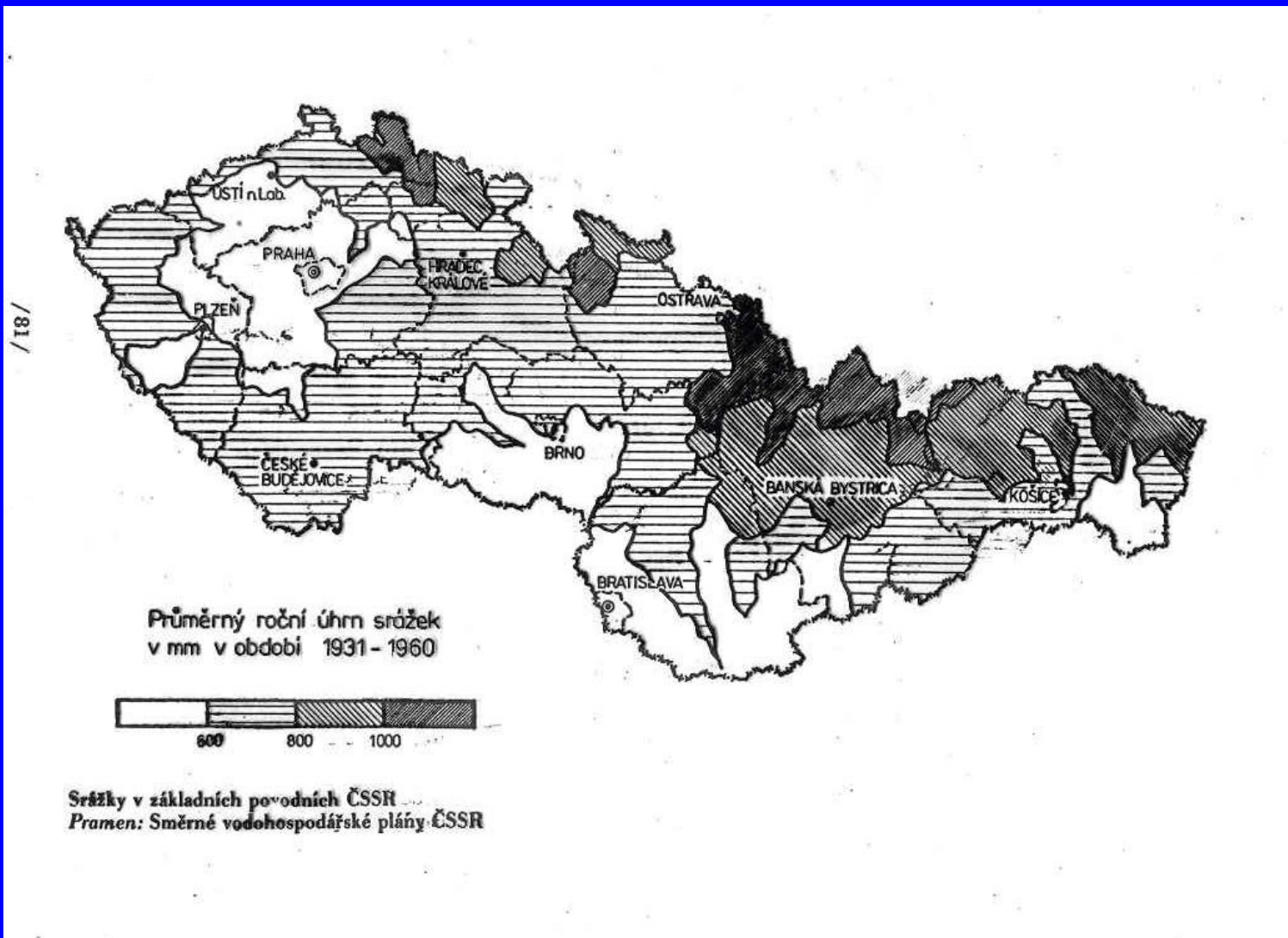
River	Country	Mean Discharge ( $10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ )	Drainage Area ( $10^3 \text{ km}^2$ )	Suspended Load ( $\text{T} \times 10^6 \text{ yr}^{-1}$ )	Sediment Yield ( $\text{T km}^2 \text{ yr}^{-1}$ )
1 Amazon	BR, CO, PE	212.5	6062	406	67
2 Congo/Zaire	AO, CG, ZR	39.7	3968	72	18
3 Yangtze	CN	21.8	1013	561	553
4 Brahmaputra	BD, CN, IN	19.8	553	813	1469
5 Ganges	BD, IN	18.7	1047	1626	1551
6 Yenisei	RU	17.4	2471	11	4
7 Mississippi <sup>1</sup>	US	17.3	3185	350	109
8 Orinoco	BR, CO, VE	17.0	939	97	103
9 Lena	RU	15.5	2680	80	30
10 Parana	AR, BO	14.9	2278	91	40
11 St. Lawrence	CA	14.2	1274	4	3
12 Irrawaddy	CN, MM	13.5	362	336	927
13 Ob	RU	12.5	2448	16	6
14 Mekong	KH, LA, TH, VN	11.0	387	190	491
15 Amur	CN, RU	11.0	1822	52	28
16 Tocantins	BR	10.2	896	—	—
17 Mackenzie	CA	7.9	1784	15	8
18 Magdalena	CO	7.0	262	172	656
19 Columbia	CA	7.2	266	10	
20 Zambezi	AO, BW, MZ, NA, ZM, ZR, ZW	7.1	1280	100	78
21 Danube	AT, BG, DE, HR, HU, MD, RO, SK UA, YU	6.2	806	22	27
22 Niger	BJ, GN, ML, NE, NG, SL	6.1	1100	5	5
23 Indus	CN, IN, PK	5.6	1231	489	396
24 Yukon	CA, US	5.1	921	88	96
25 Pechora	RU	4.1	322	7	22
33 Nile	EG, ET, SD, UG	2.8	2944	124	42
38 Rhine	CH, DE, FR, NL	2.2	145	1	7
42 Rhone	CH, FR	1.7	94	32	340
45 Tigris\Euphrates	IQ, TR, SY	1.4	1048	863	823
46 Po	IT	1.4	54	17	315
47 Vistula	PL	1.1	191	2	10

<sup>1</sup>A map of water erosion rates in the US is available at the following Web site: <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/index/erosionmaps.html>.

Source: After Welcome 1985.

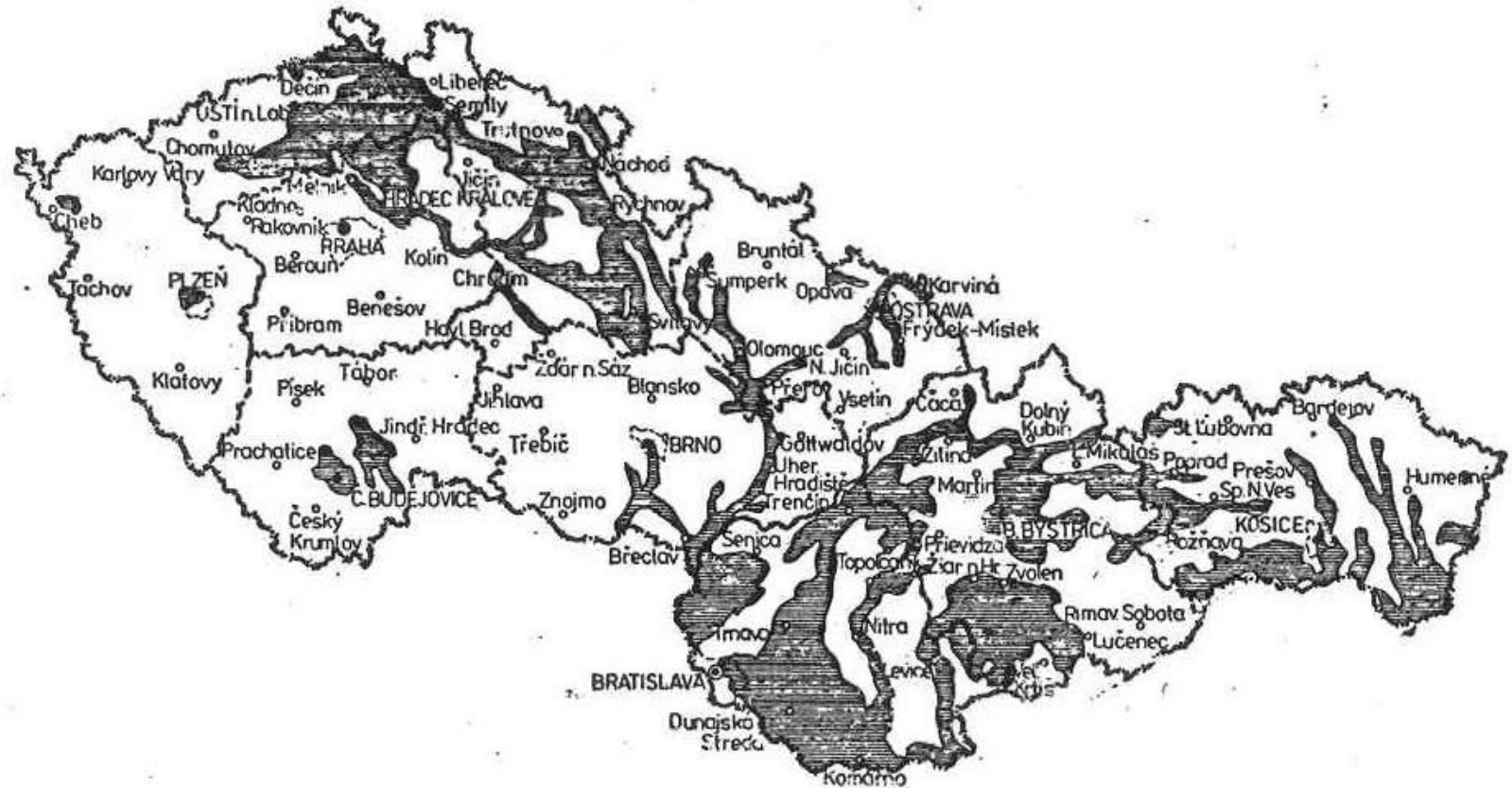


# Voda v ČR a SR

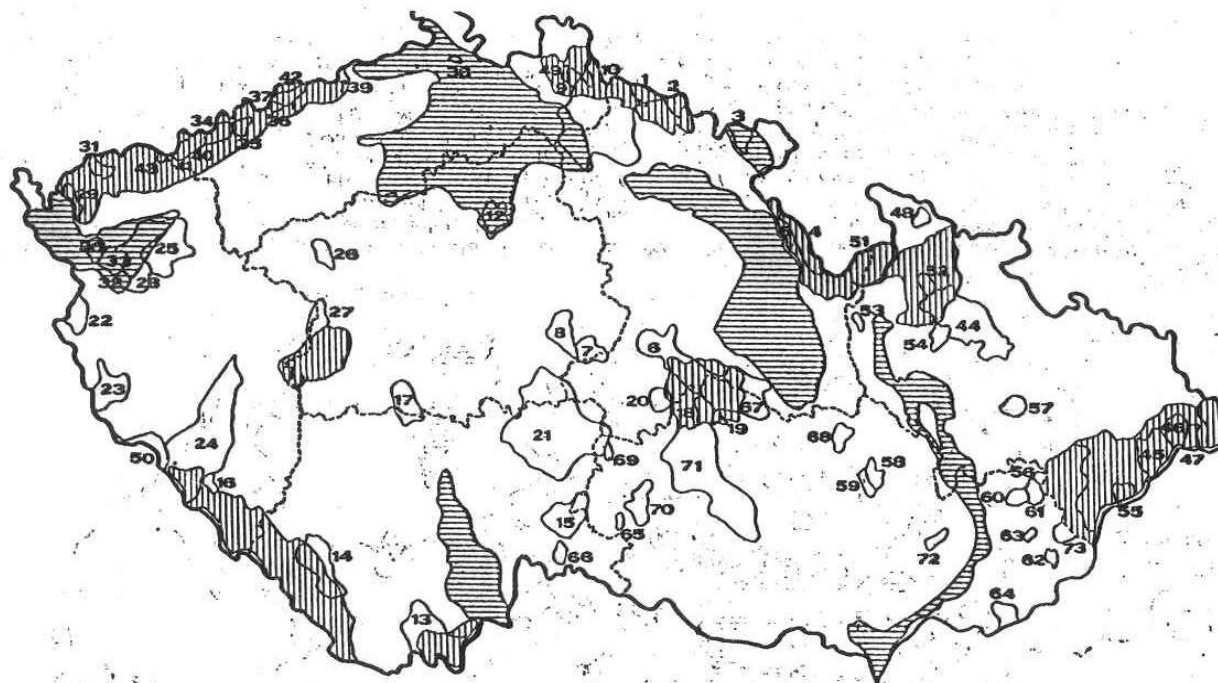




# Podzemní vody



# Vodohospodářsky významné oblasti ČR



Obr. 1 Ochrana vodohospodářsky významných území. Označení chráněných oblastí přirozete akumulace vod : podzemních – vodorovné šrafování, povrchových – svislé šrafování, povodí vodárenských toků – bez šrafování.

1 – Labe, 2 – Malá Úpa, 3 – Metuje, 4 – Divoká Orlice, 5 – Zdobnice, 6 – Chrudimka, 7 – Klejnarka, 8 – Vrchlice, 9 – Kamence, 10 – Černá Desná, 11 – Jizera, 12 – Jizera, 13 – Malše, 14 – Blanice, 15 – Hamerský potok, 16 – Ostružná, 17 – Bržina, 18 – Stržský potok, 19 – Staviště, 20 – Borovský potok, 21 – Želivka, 22 – Mže, 23 – Radbuza, 24 – Úhlava, 25 – Střela, 26 – Klíčava, 27 – Stroupinský potok, 28 – Lomnický potok, 29 – Libocký potok, 30 – Libava, 31 – Rožava, 32 – Teplá, 33 – Pramenský potok, 34 – Křimovský potok, 35 – Bilina, 36 – Loupnice, 37 – Bílý potok, 38 – Chřibská Kamenice, 39 – Rybný potok, 40 – Písečnice, 41 – Černá Voda, 42 – Flájský potok, 43 – Černá, 44 – Moravice, 45 – Ostrávice, 46 – Morávka, 47 – Lomná, 48 – Černý potok, 49 – Černá Nisa, 50 – Kouba, 51 – Morava, 52 – Desná, 53 – Nemiška, 54 – Oslava, 55 – Stanovice, 56 – Juhyně, 57 – Velička, 58 – Velká Haná, 59 – Malá Haná, 60 – Fryštácký potok, 61 – Dřevnice, 62 – Kolelač, 63 – Ludkovický potok, 64 – Velička, 65 – Ochoz, 66 – Pstruhový potok, 67 – Svatka, 68 – Bělá, 69 – Maršovský potok, 70 – Brtnice, 71 – Oslava, 72 – Kyjovka, 73 – Vlára

# Voda na Zemi a v ČR a SR

Tabulka 1

Rozložení vody v biosféře (podle různých autorů sestavil Wetzel, 1983)

	Objem v tis. km <sup>3</sup>	%	Doba obnovení
oceány	1 370 000	97,61	37 000 roků
polární led a ledovce	29 000	2,08	16 000 roků
podzemní voda (volně pohyblivá)	4 000	0,29	300 roků
sladkovodní jezera a jiné nádrže	125	0,009	1-100 roků
slaná jezera	104	0,008	10-1000 roků
půdní vlhkost	67	0,005	280 dnů
řeky	1,2	0,000 09	12-20 dnů
atmosférická vlhkost	14	0,000 9	9 dnů

Tabulka 2

Dlouhodobá charakteristika vodního režimu našeho území (Blažej a kol., 1981)

	Průměr ročních srážek		Průměr roč. odtoků		Délka toků s plochou povodí nad 5 km <sup>2</sup> (km)	Odhad množství podzemních vod (mil.m <sup>-3</sup> .rok <sup>-1</sup> )
	(mm)	(mil.m <sup>-3</sup> )	(mil.m <sup>3</sup> )	(%)		
ČR	668	52 630	15 148	28,8	36 860	852
SR	743	36 370	12 592	34,6	21 684	1 590
ČSFR celkem	696	89 000	27 740	31,2	58 544	2 442

\*) Údaje platí bez odtoku Dunaje

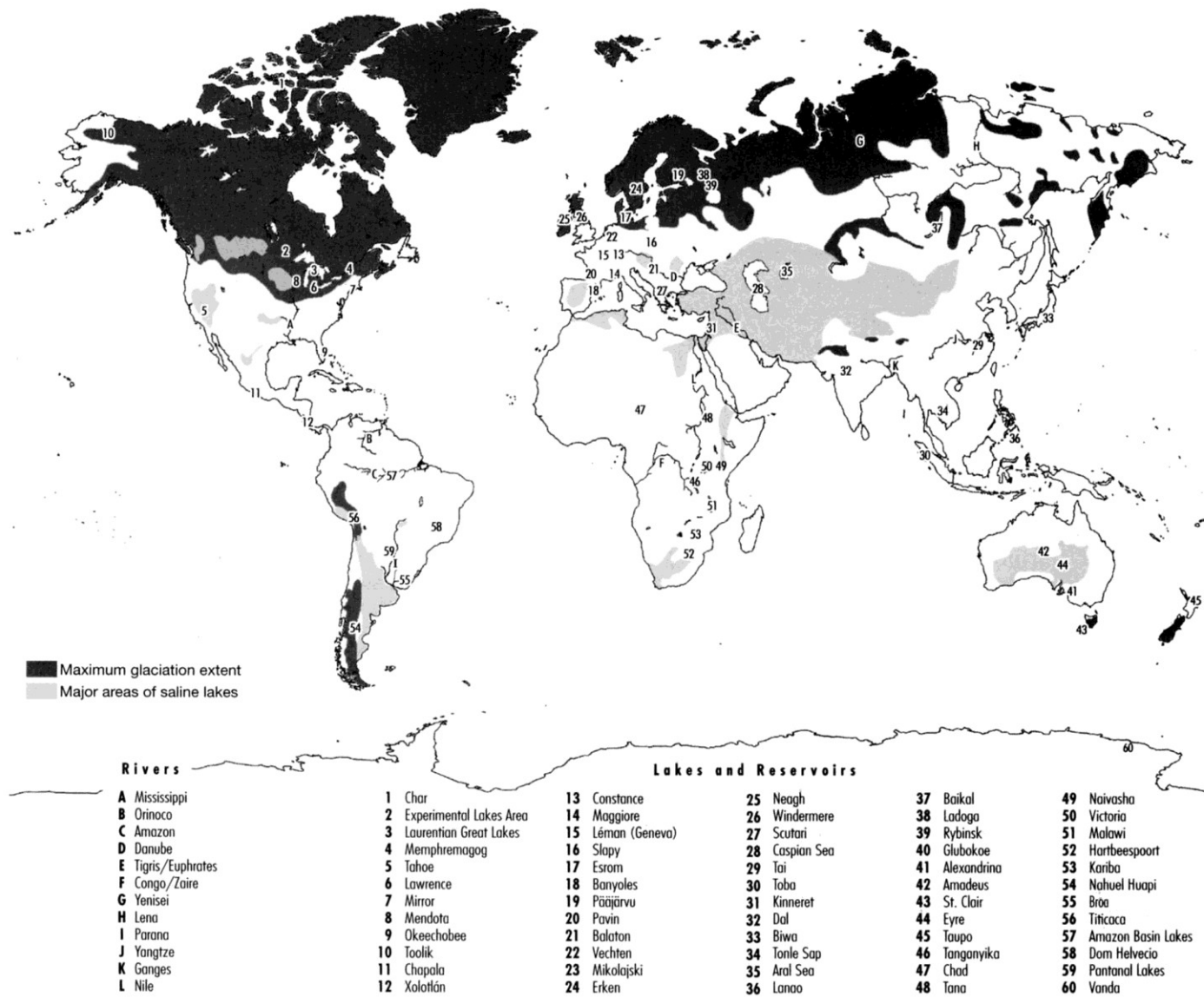
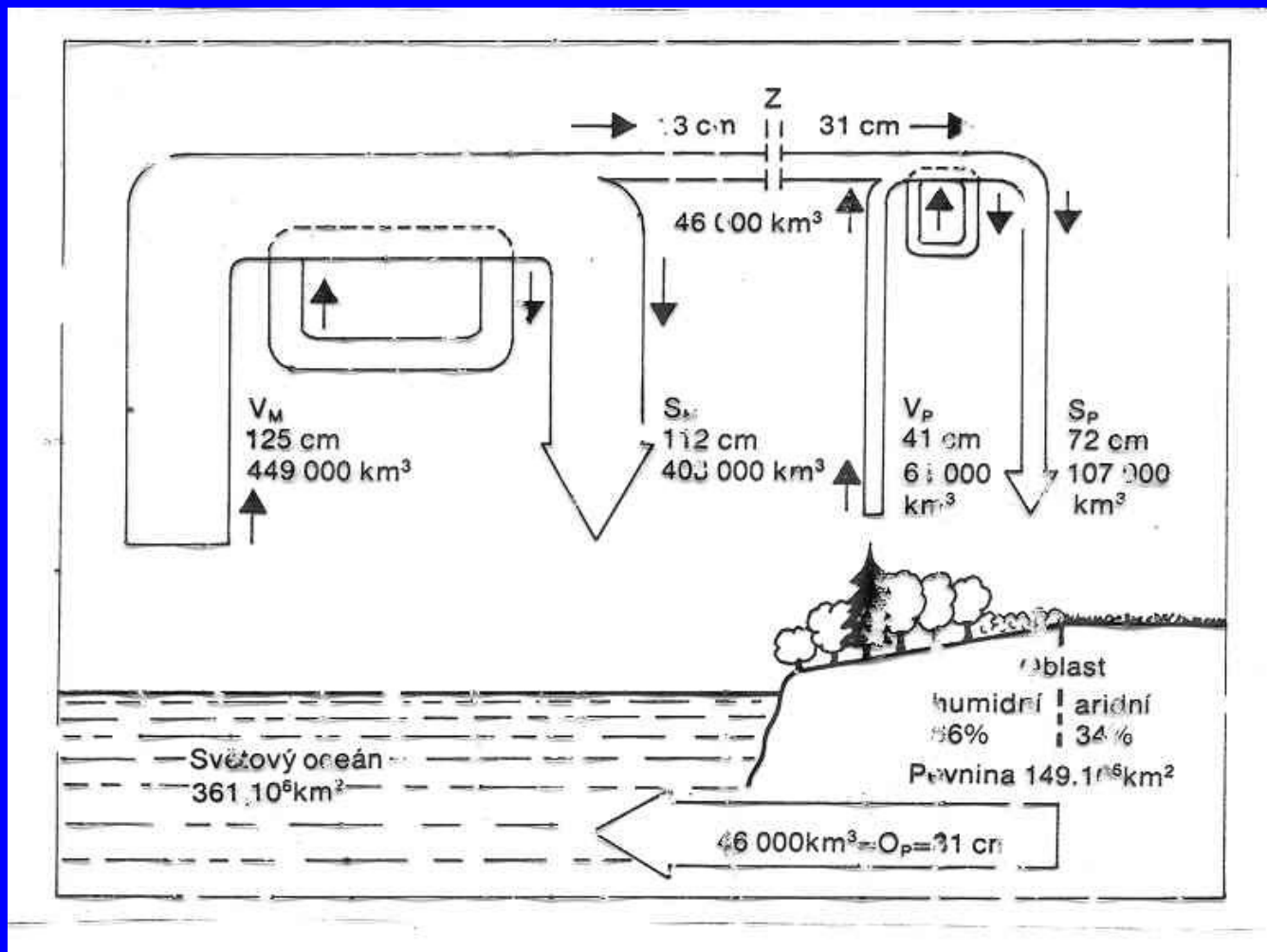


Figure 5-17 The maximum extent of the last glaciation (grey area), and the principal areas where saline lakes occur (hatched area), and some large or limnologically well known lakes, river and reservoirs. Most but not all lakes in the saline lake districts are saline. Saline lakes [S] also exist outside the major endorheic regions. (After Snead 1980, and Williams 1995.)

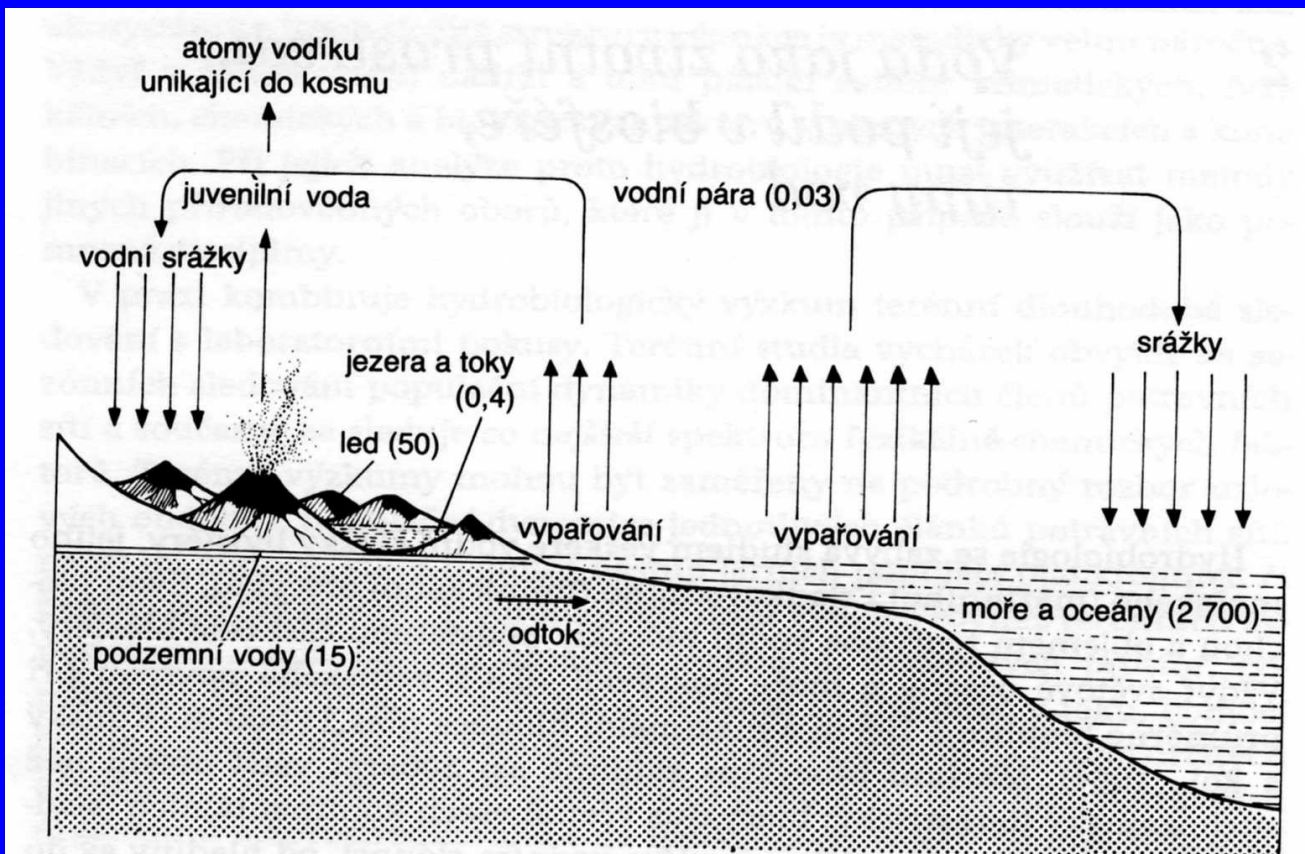


# Koloběh vody v biómu Země

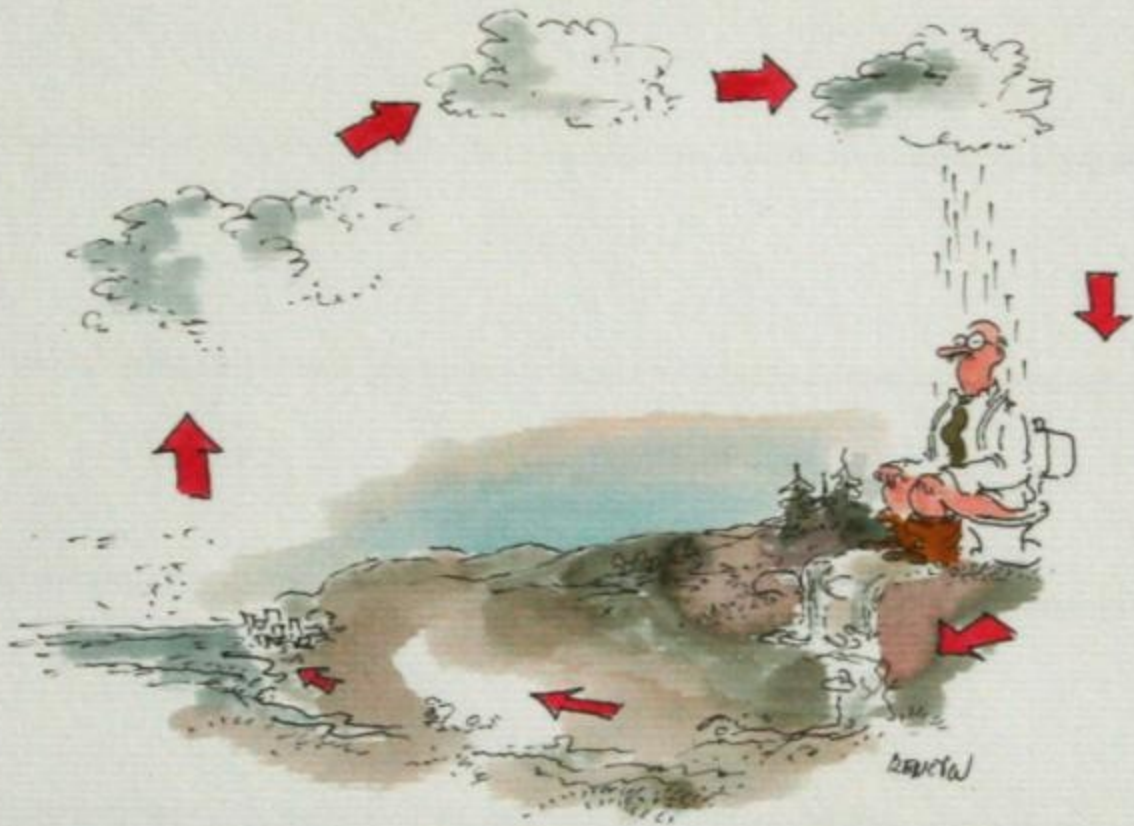




# Koloběh vody v biómu Země



1. Velký hydrologický cyklus v biosféře (v  $10^3 \cdot \text{km}^{-3} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Na kontinenty se z vody odpařené z hladiny světových oceánů a moří dostává jenom asi 10 %. Větší část vodního koloběhu probíhá nad oceány. Molekulární vodík unikající do kosmického prostoru je nahrazen juvenilní vodou ze sopečné činnosti (podle různých autorů, upraveno)



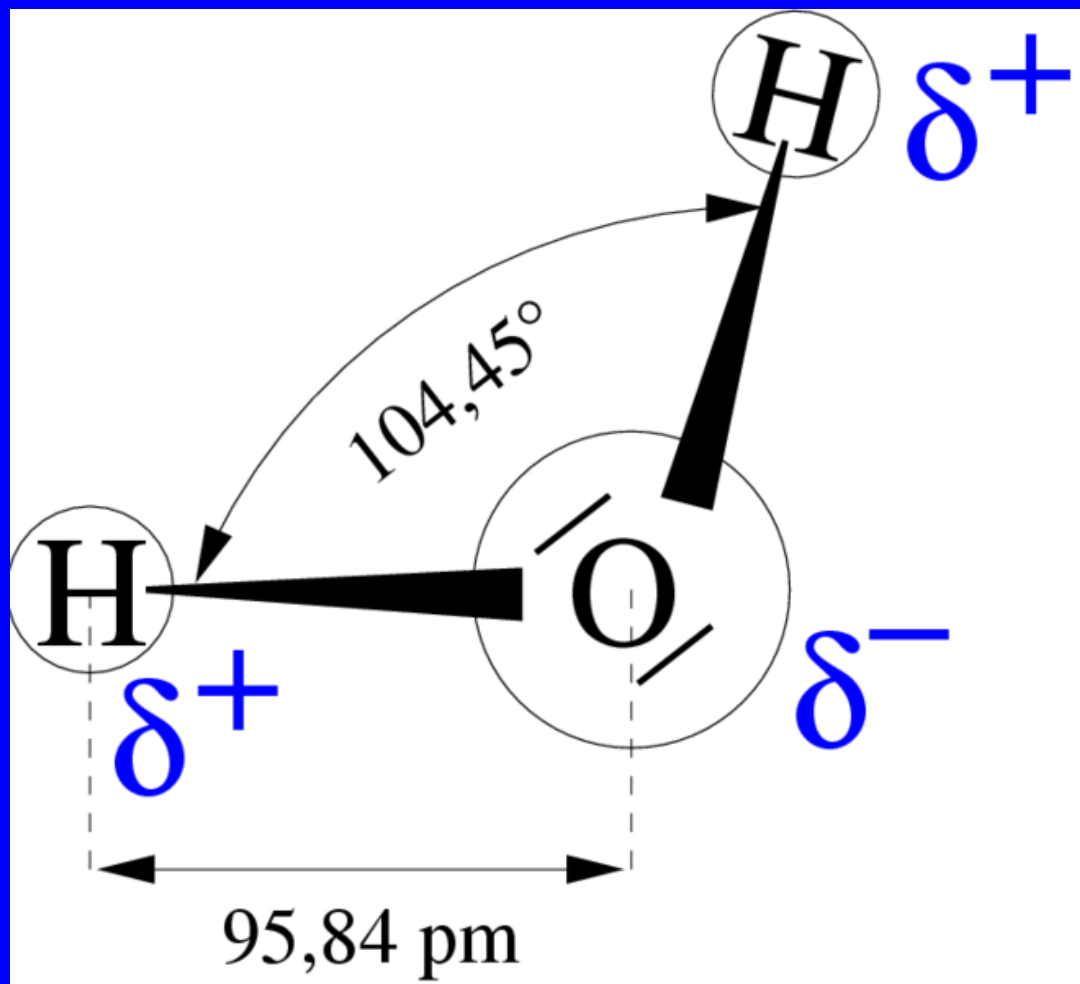
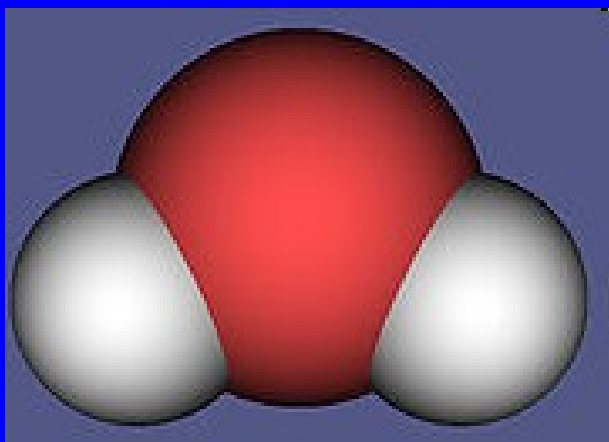
# Voda základ života na Zemi

	Led	Voda při 0 °C
hustota v $\text{kg.m}^{-3}$	916,8	999,87
měrná tepelná kapacita v $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	2,04	4,21
měrná tepelná vodivost v $\text{J.cm}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{K}^{-1}$	0,023 9	0,005 86
měrná elektrická vodivost (konduktivita) v $\Omega^{-1}.\text{cm}^{-1}$	$2,72.10^{-8}$	$1,11.10^{-8}$
rychlost zvuku v $\text{m.s}^{-1}$	3 300	1 500

# Voda základ života na Zemi

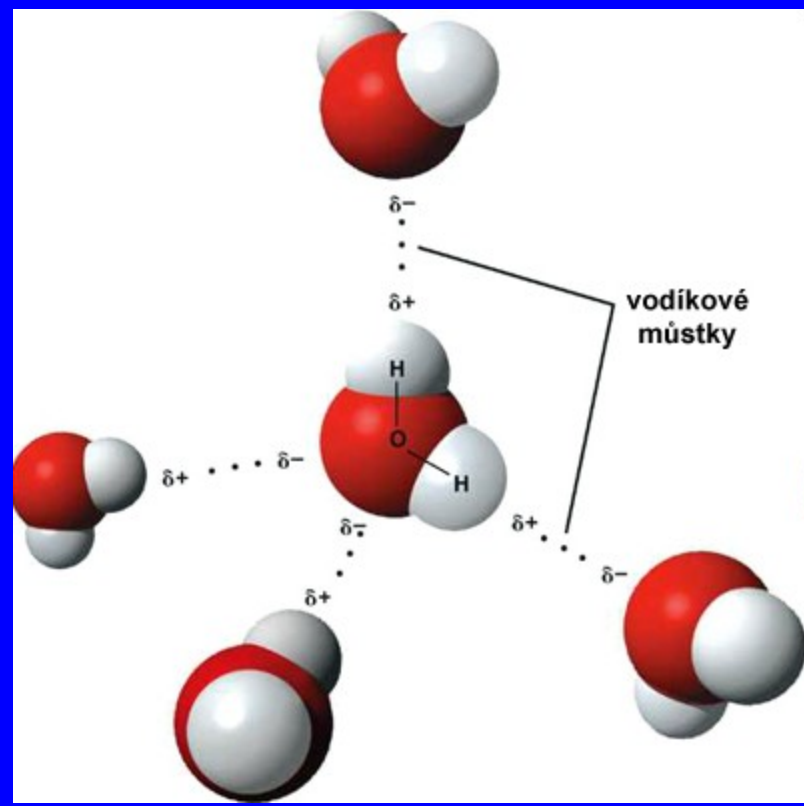
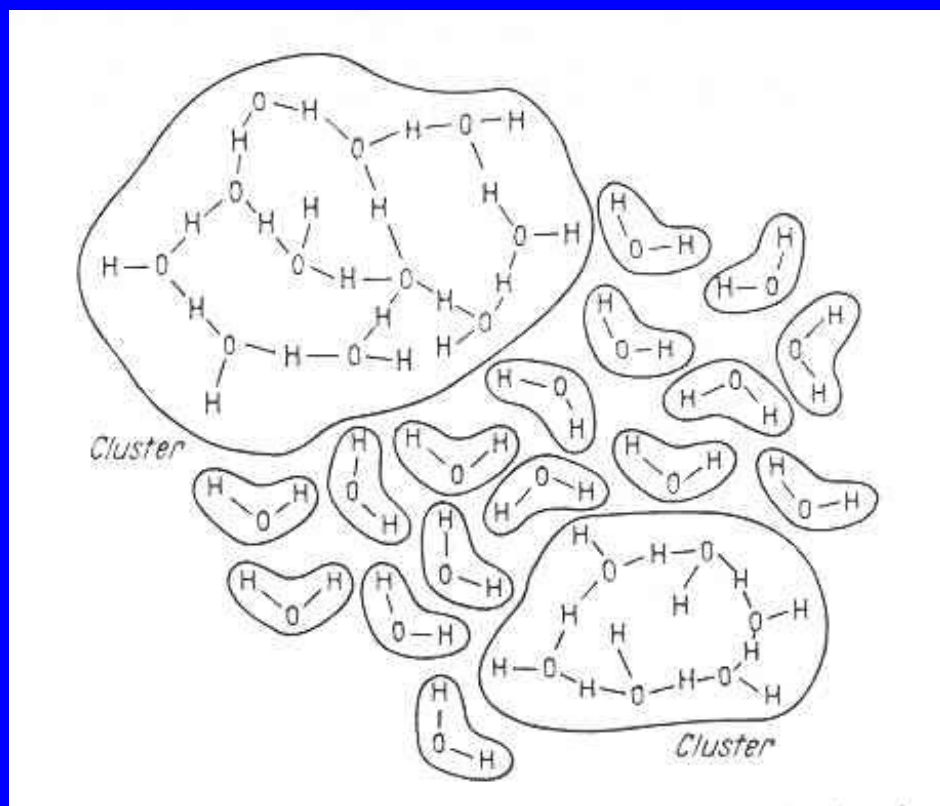
hustota maximální (při 3,94 °C) v $\text{kg.m}^{-3}$	1 000,000
hustota při 25 °C v $\text{kg.m}^{-3}$	997,075
dynamická viskozita (při 25 °C) v $\text{Pa.s}^{-1}$	$0,890.10^{-3}$
kinematická viskozita (při 25 °C) v $\text{m}^2. \text{s}^{-1}$	$0,89.10^{-6}$
teplota tání (při 101 325 Pa) ve °C	0,000
teplota varu (při 101 325 Pa) ve °C	100,000
měrné skupenské teplo tání v $\text{J.g}^{-1}$	333,7
měrné skupenské teplo varu v $\text{J.g}^{-1}$	2 255,5
měrná tepelná kapacita (při 15 °C) v $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	4 186
povrchové napětí (při 25 °C) v $\text{N.m}^{-1}$	$71,97.10^{-3}$
relativní permitivita (při 25 °C)	78,54

# Molekula vody

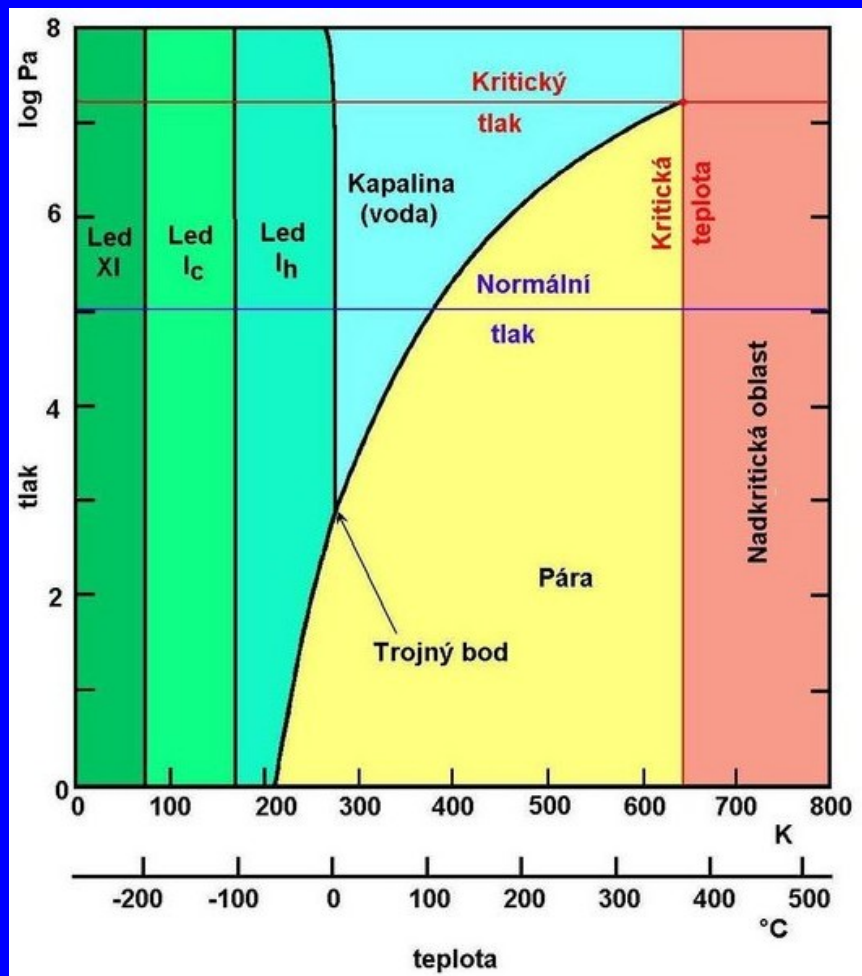




# Voda základ života na Zemi



# Formy vody v biomu Země

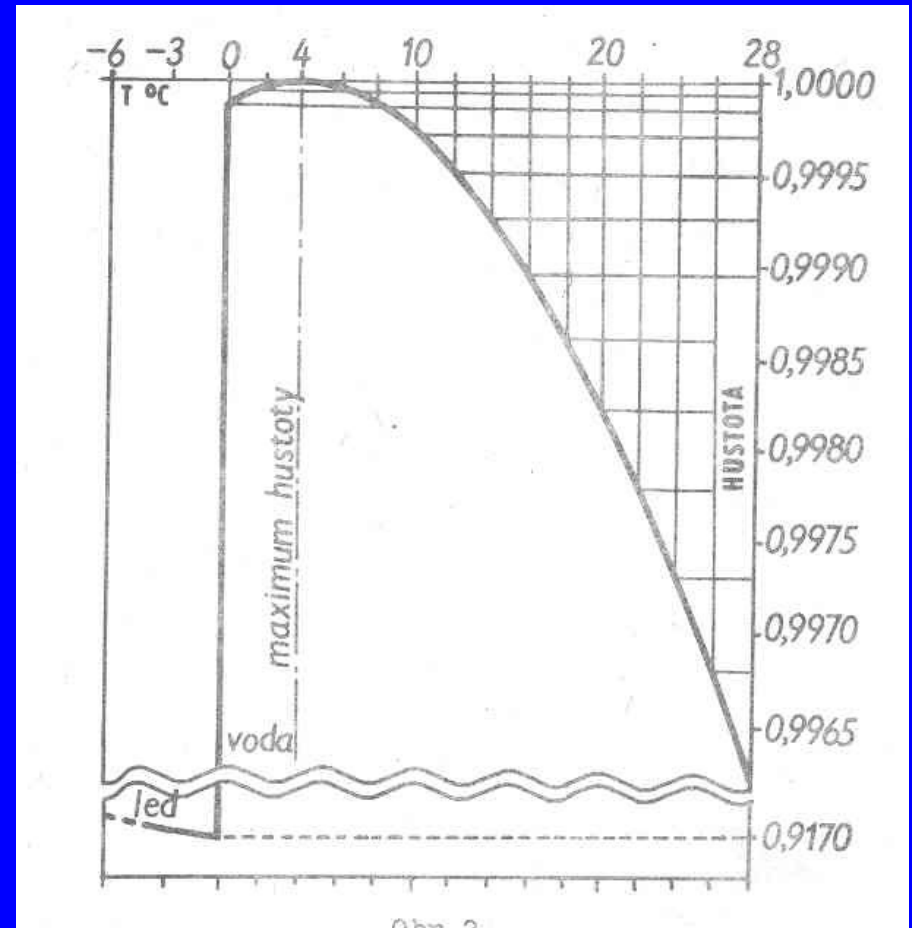


# Hustota vody

T °C	spec. hmotnost
0	0,999874
2	0,999970
4 (3,94!)	1,000000
10	0,999731
20	0,998235

obsah solí v g.l <sup>-1</sup>	hustota při 4 °C
0	1,00000
1	1,00085
2	1,00169
3	1,00251
10	1,00818
35 (mořská voda, průměr)	1,02822

- Termická stratifikace
- Vysoká hustota (775x) –
- Stavba těl a velikost vodních organismů



# Viskozita (dynamická) vody

- Vnitřní tření – odpor prostředí (vody) proti vlastnímu pohybu nebo jiné částici.
- 100x vyšší než viskozita vzduchu
- Jednotka Pa.s.
- Závislost na teplotě

Teplota ve °C	Dynamická viskozita v $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 10^{-3}$	%	Kinematická viskozita v $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 10^{-6}$
0	1,787	100,0	1,771
5	1,561	84,8	1,561
10	1,306	78,7	1,304
15	1,138	63,7	1,139
20	1,002	56,0	1,004
25	0,890	49,8	0,892

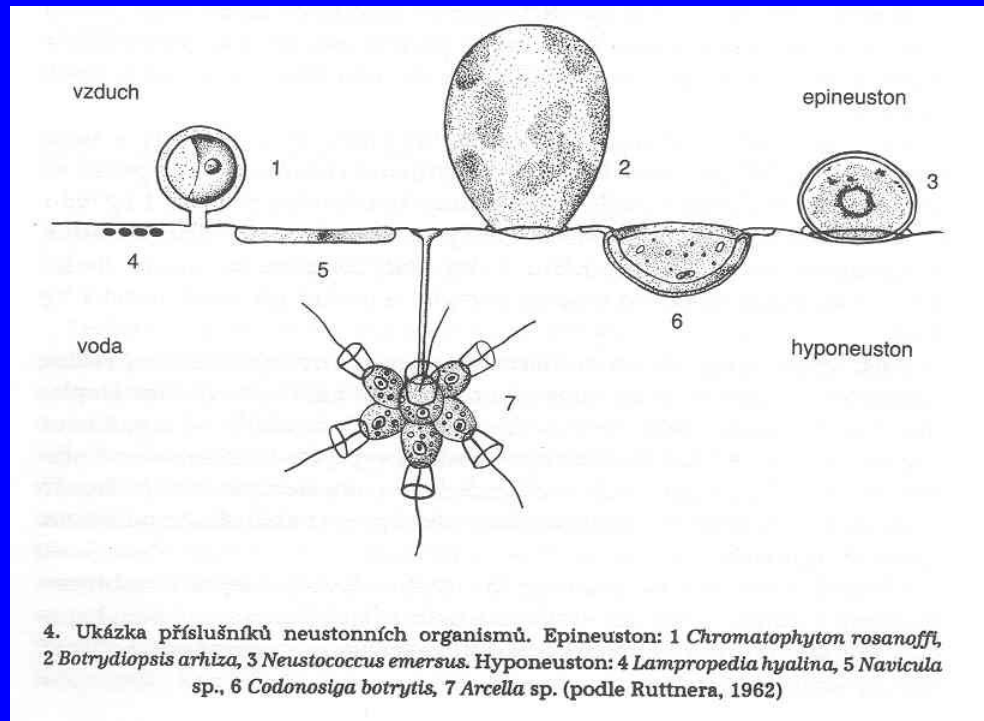


# Adhezivní a kohezivní vlastnosti

- Koheze (soudržnost) - adheze (přilnavost)
- Vzájemný poměr určuje smáčitelnost (hydrofilii) nebo nesmáčitelnost (hydrofobii)
- Důsledky:
  - organismy dýchající vzdušný kyslík
  - organismy dýchající rozpuštěný kyslík

# Povrchové napětí vody

- závislost na teplotě a množství rozpuštěných látek
- vytvoření stabilizační plochy – specifického mikroprostředí
- neuston – epi, hypo, pleuston



# Tepelné vlastnosti vody

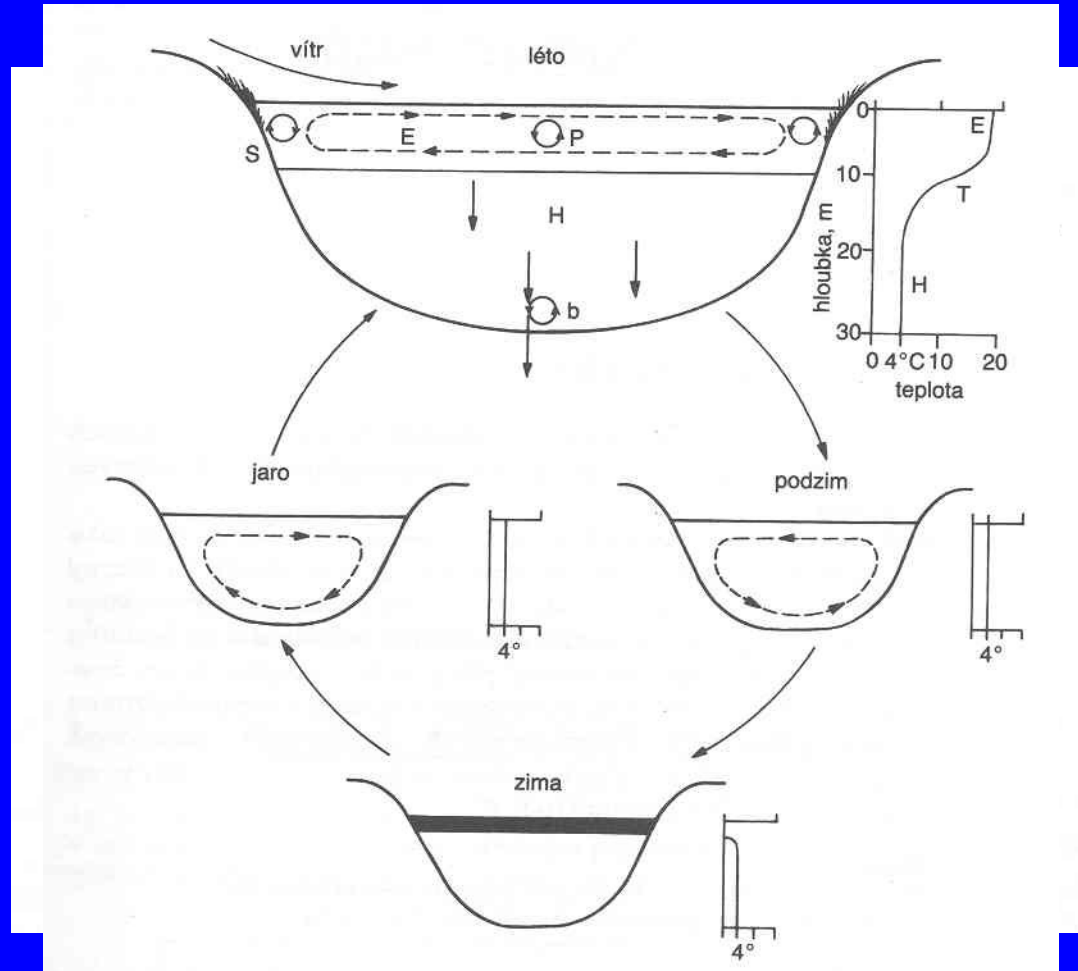
- Velká měrná tepelná kapacita (3. nejvyšší po H, He)
- Vysoké hodnoty skupenského tepla tuhnutí a varu
- Velmi malá schopnost molekulárního přenosu tepla
- Důsledky pro ekosystém a organismy:
  - akumulátor tepla v biómu – pomalu se zahřívá a pomalu ochlazuje
  - vysoká tepelná kapacita a stabilita, účinné tlumení cirkadiálních a cirkulančních výkyvů
  - veškerý přenos pohybem vody a předáváním
  - teplotní stratifikace

# Tepelný režim vod

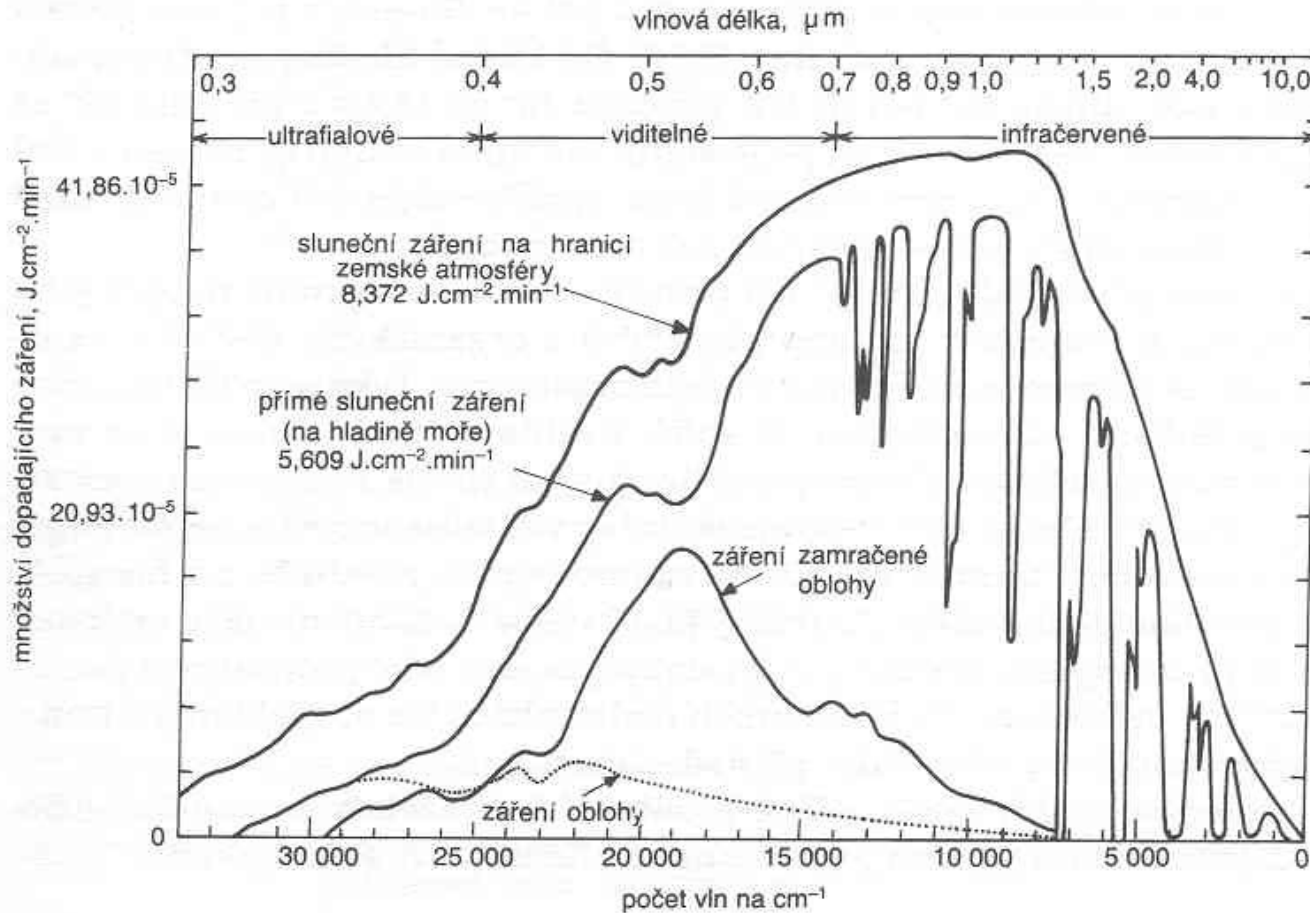
- Zdroje tepla
  - Sluneční radiace
  - Geotermální zdroj
  - Antropický faktor
- Ztráty tepla
  - Vyzařování
  - Výparné (skupenské) teplo
  - Odvod tepla do terestických systémů
  - Odtok oteplené vody ze systému

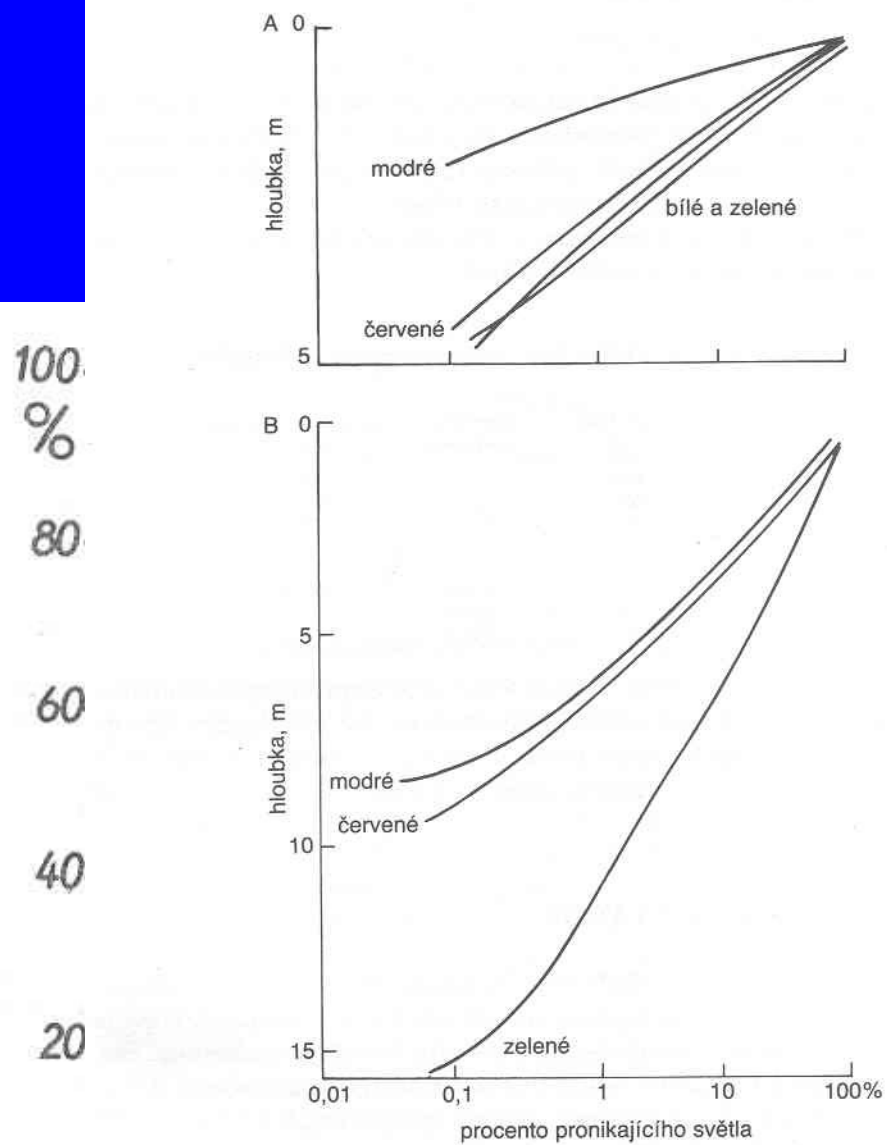


# Tepelný režim vod



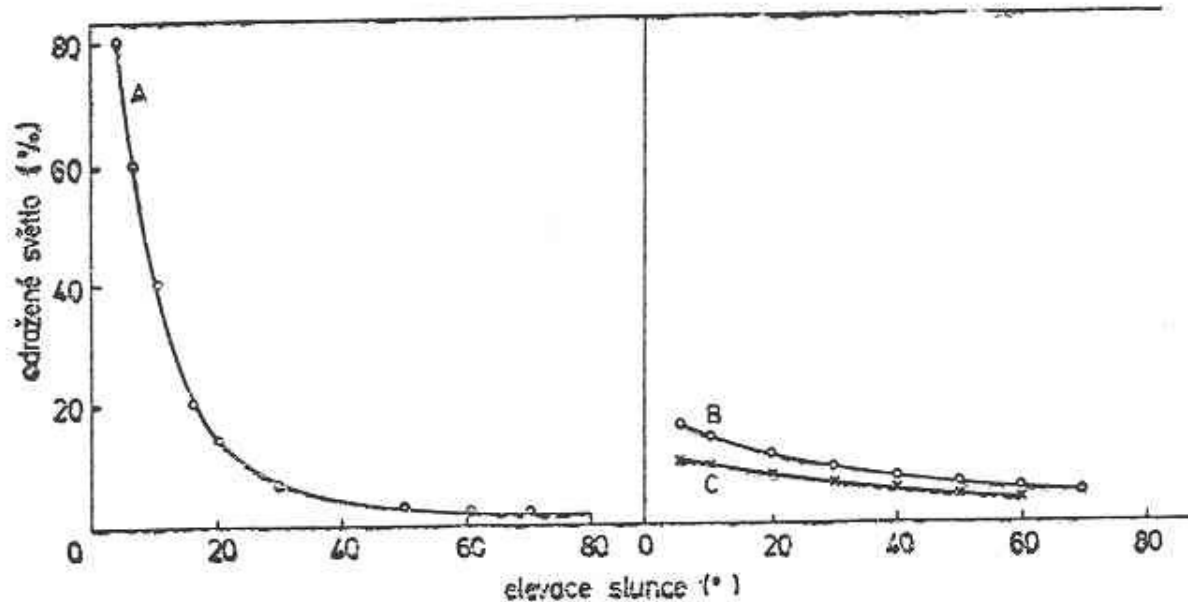
# Záření a voda





7. Absorpce různých barev světelného spektra vůči hladinovým hodnotám po průchodu různými vrstvami vodního sloupce: A velmi produktivní (eutrofní) jezero s hustým fytoplanktonem, B málo produktivní (oligotrofní) jezero, v němž zelená složka spektra proniká nejhlouběji (podle Goldmana et Horneho, 1983)

# Záření a voda



Obr. 2.27 Podíl odraženého záření (v %) v závislosti na elevaci Slunce. A – jasná obloha, B – mírně zatažená obloha, C – silně zatažená obloha. (Příkl. WETZEL 1975.)



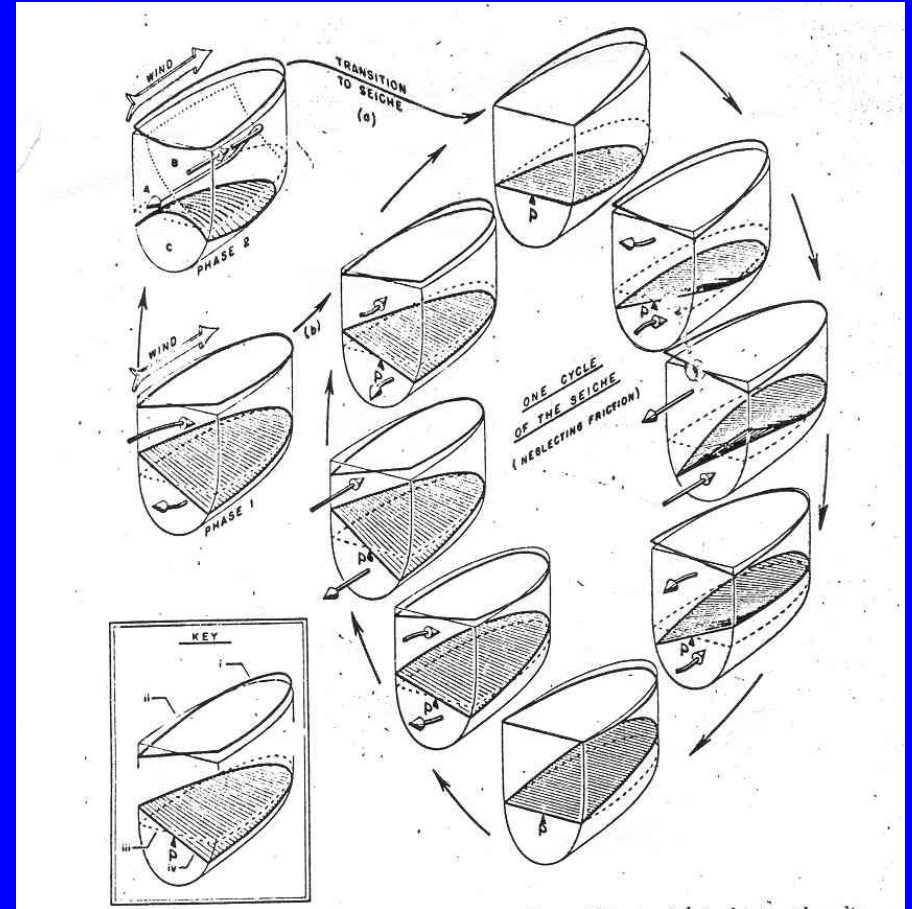
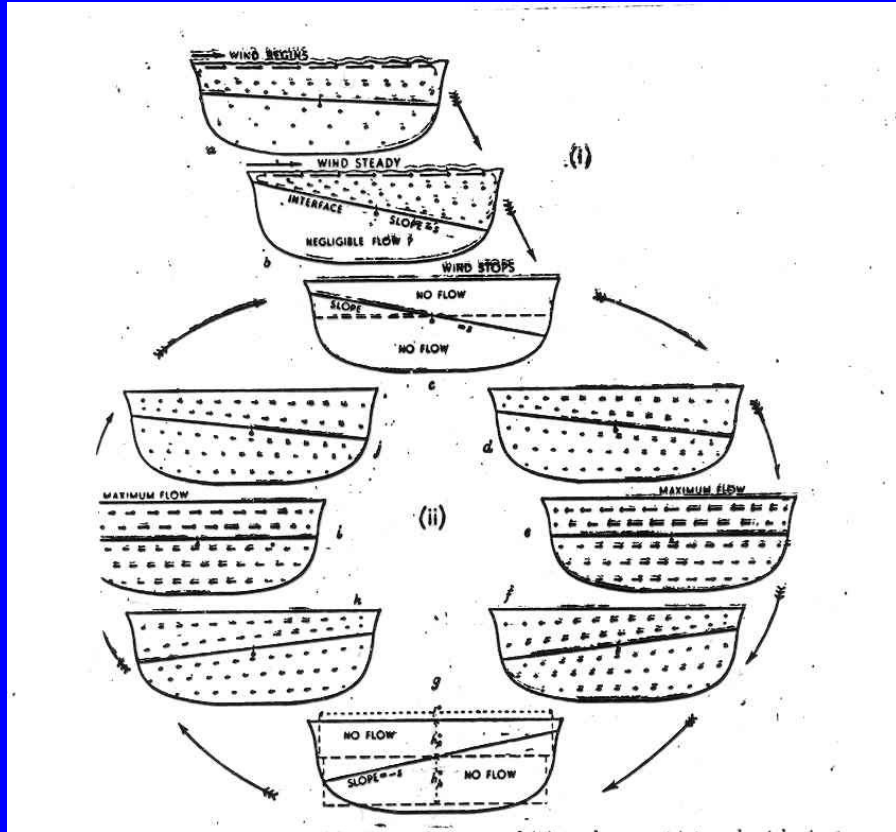
# Záření a voda

- Průhlednost vody
  - Zákal vody
    - Anorganický
    - Vegetační
- Barva vody
  - Skutečná (primární) barva vody
  - Druhotná (sekundární) barva vody

# Pohyby vody

- Stojaté vody – lenitické systémy
  - vertikální pohyby
  - seiche
  - proudění vyvolané větrem – vlnění
  - proudění vyvolané přítokem nebo odtokem
- Tekoucí vody – lotické systémy
  - jednosměrné proudění po spádnicí – laminární nebo turbulentní
  - u velkých toků kombinace s vlněním a přítoky

# Pohyby vody



# Pohyby vody

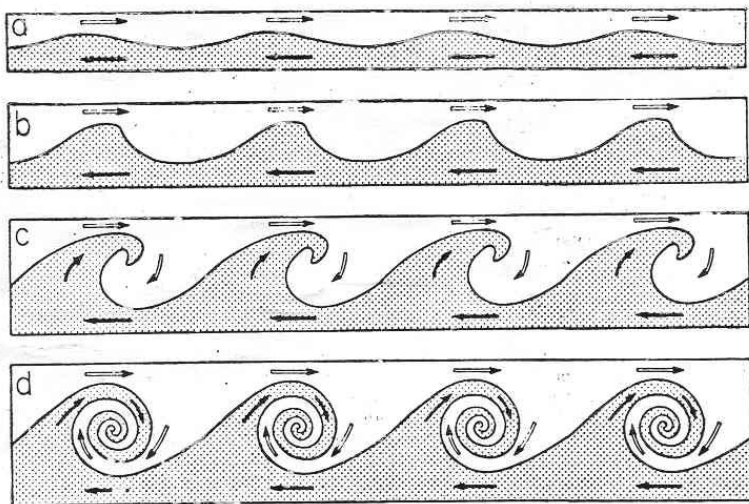


Figure 7-1 Stages in vortex formation during shear instability on the interface of a stratified two-layer system. (From Mortimer, C. H.: *Mitteilungen Int. Ver. Limnol.*, 20:131, 1974.)

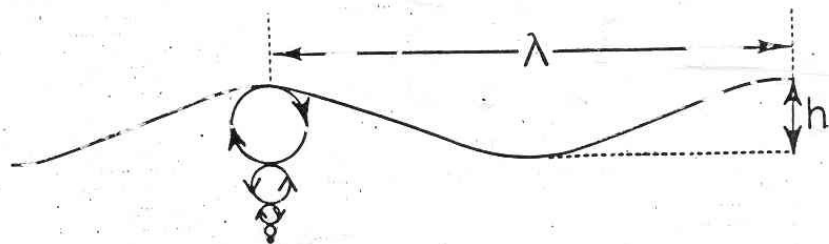


Figure 7-3 Surface wave indicating wavelength ( $\lambda$ ), height ( $h$ ), and attenuation of amplitude ( $h/2$ , the displacement positive or negative from the equilibrium in a sinusoidal wave) of the cycloid movement with depth.

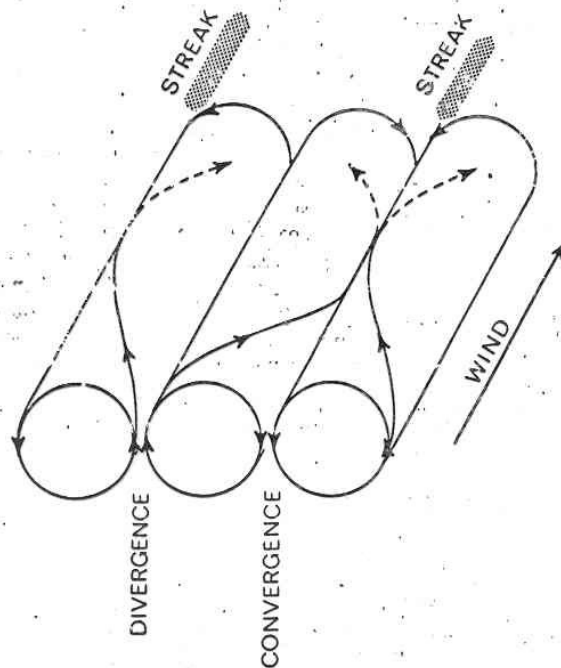
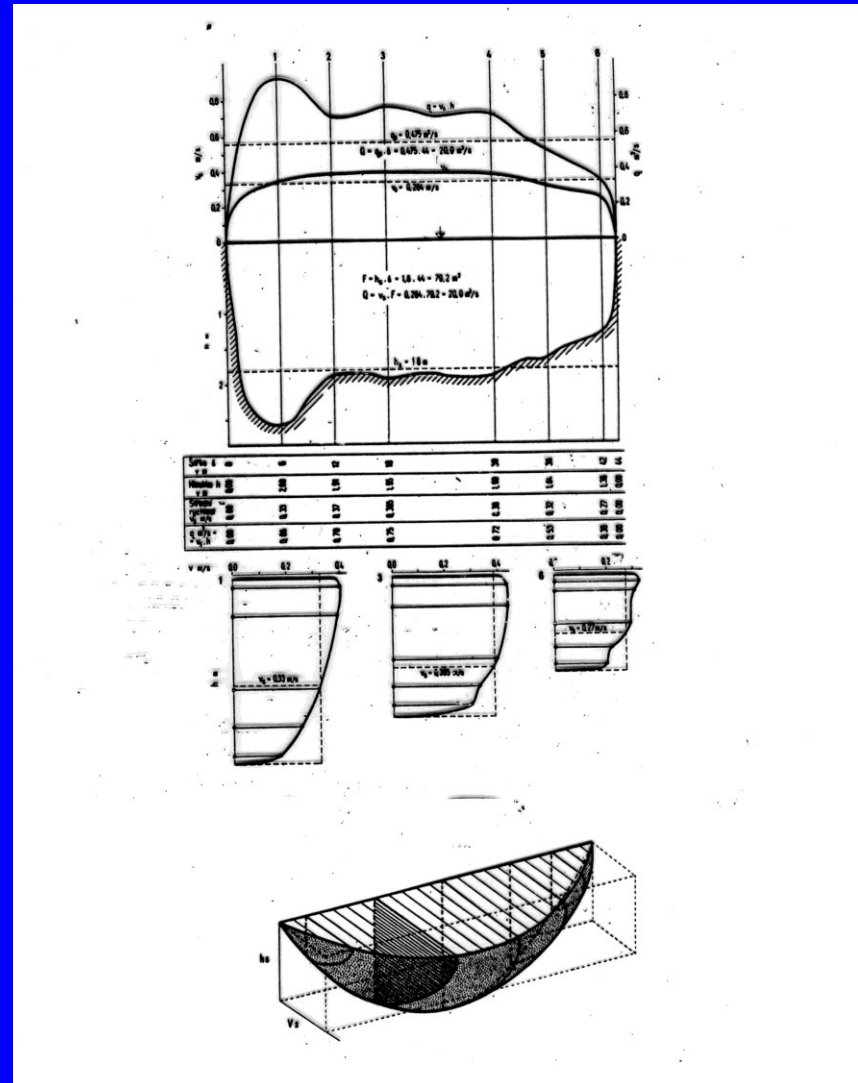


Figure 7-6 Diagrammatic representation of the helical flow of Langmuir currents in surface waters with aggregation of organic matter between streaks at the lines of divergence.



# Proudění v říčním korytě

- Rychlost proudu



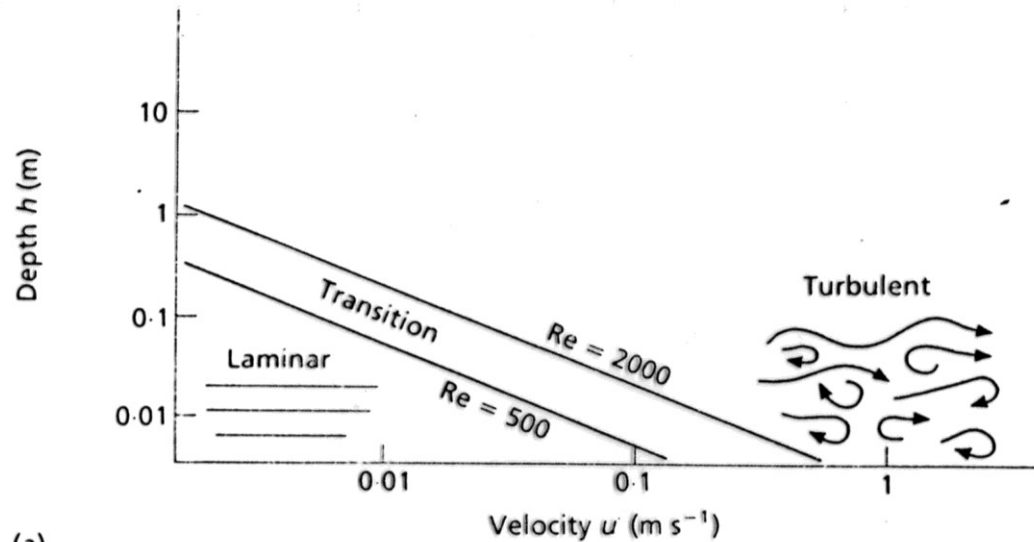
# Proudění - charakteristiky

## Physical factors of importance to the biota

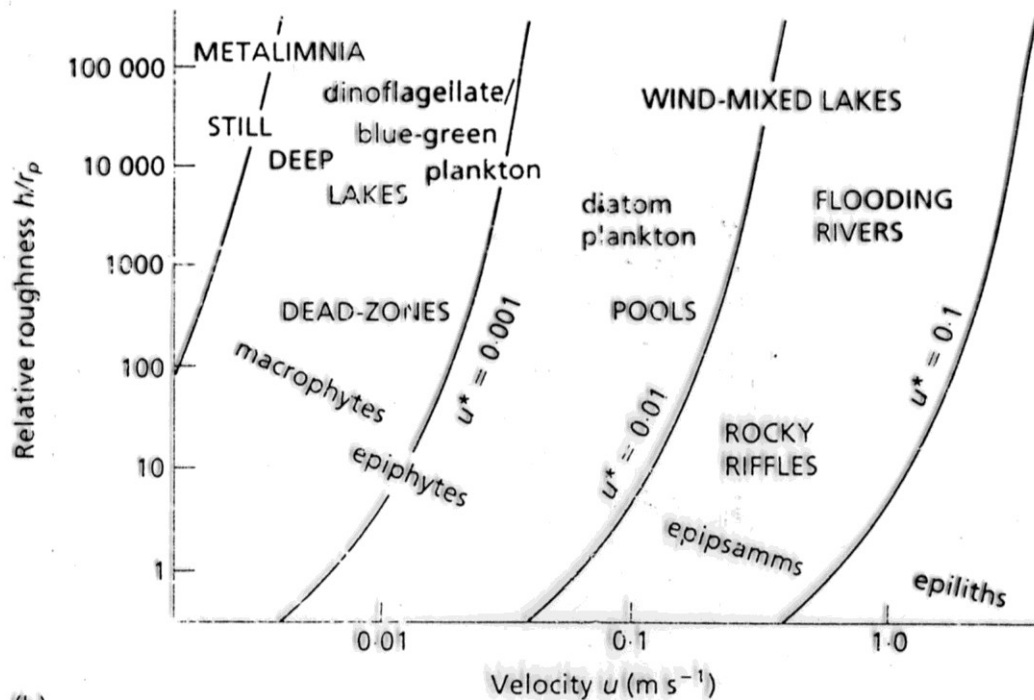
TABLE 3.2 Some terms and equations useful in describing streamflow (Adapted from Davis and Barmuta, 1989; and Carling, 1992)

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
$\nu$	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		
	$Re = \bar{U}D/\nu$	$Re < 500$ $500 < Re < 10^3-10^4$ $Re > 10^3-10^4$	$\Rightarrow$ laminar flow $\Rightarrow$ transitional flow $\Rightarrow$ turbulent flow
Fr	Froude number		
	$Fr = \bar{U}/\sqrt{gD}$	$Fr < 1$ $Fr = 1$ $Fr > 1$	$\Rightarrow$ sub-critical flow $\Rightarrow$ critical flow $\Rightarrow$ 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
	$Re_* = U_*k/\nu$	$Re_* < 5$ $5 < Re_* < 70$ $Re_* > 70$	$\Rightarrow$ hydraulically smooth flow $\Rightarrow$ transitional flow $\Rightarrow$ hydraulically rough flow
$\delta$	Thickness of laminar sublayer		Describes region of viscous flow
	$\delta = 11.5\nu/U_*$	$\delta/k < 1$ $\delta/k > 1$	$\Rightarrow$ hydraulically smooth flow $\Rightarrow$ hydraulically rough flow

# Proudění a organismy



(a)



(b)

# Další fyzikální vlastnosti vody

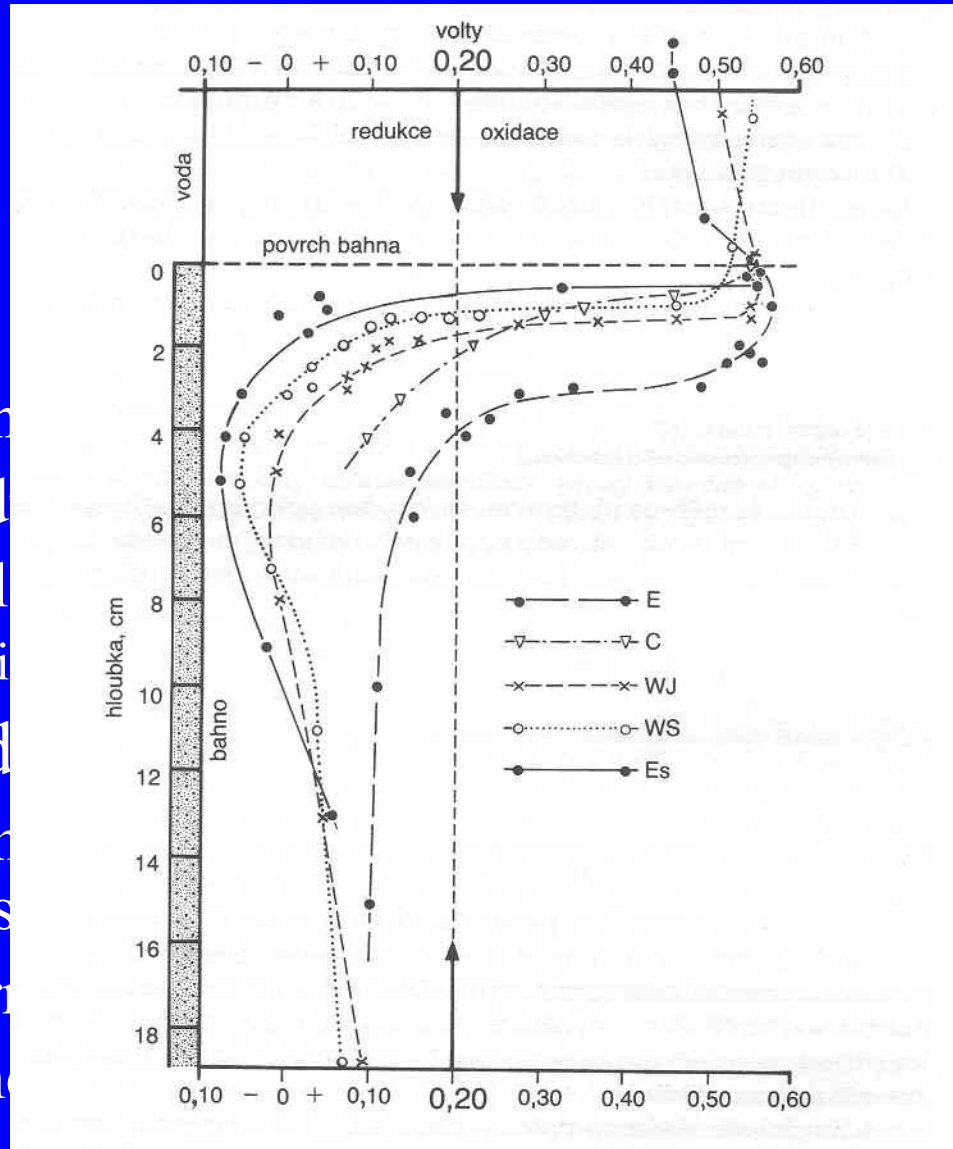
- Hydrostatický tlak
- Vodivost vody
- Redox potenciál
- pH

# Vodivost vody

- Míra mineralizace vody nebo koncentrace iontově rozpuštěných látek
- Jednotky  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )
- Přírodní sladké vody od 15 - 1500 (3000)  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$



- pH
  - Ústojn
  - Přírod
  - Závisl
    - Aci
- rH – red
  - Míra r
  - proces
  - Zápor
  - Kladn

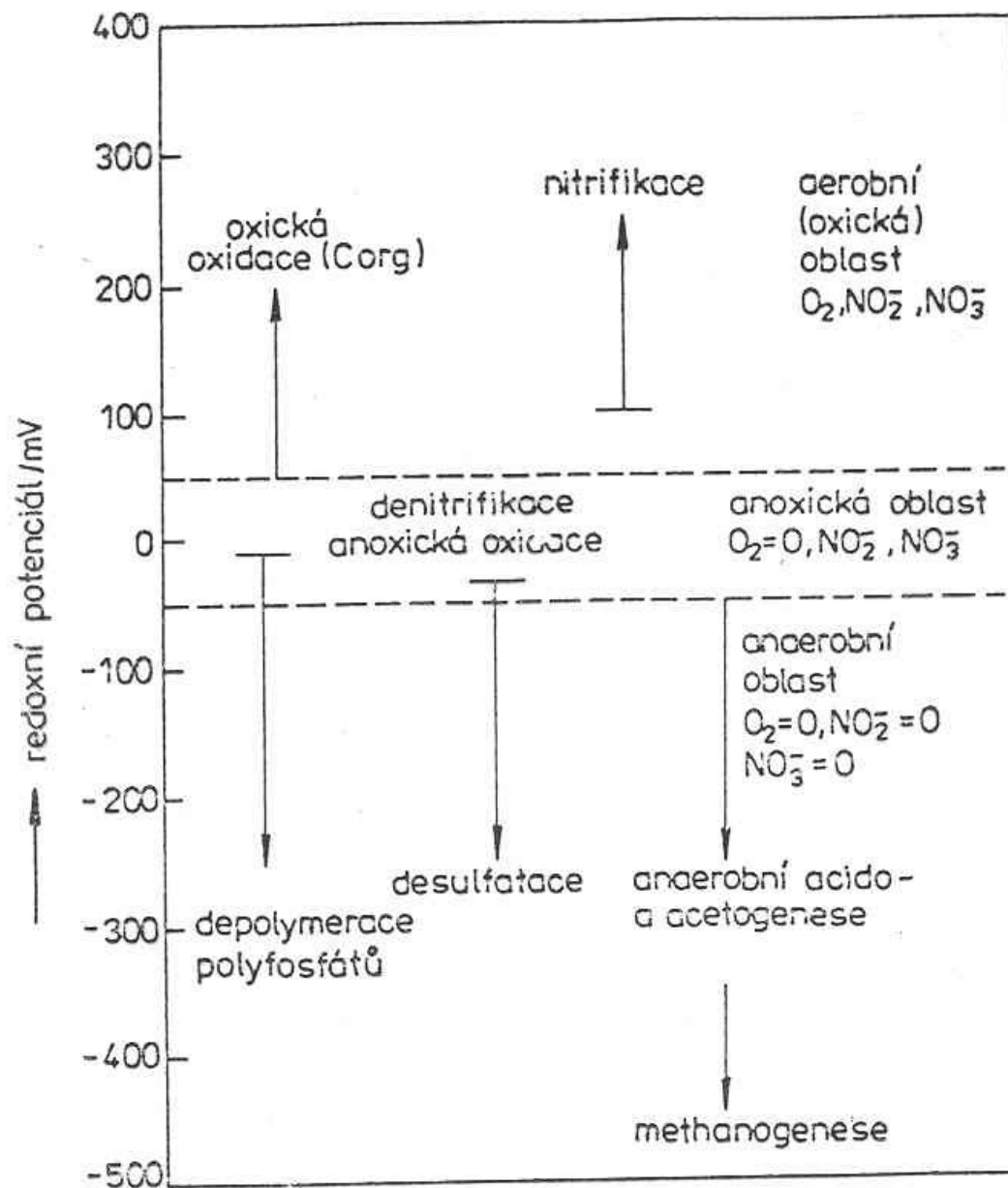


ny

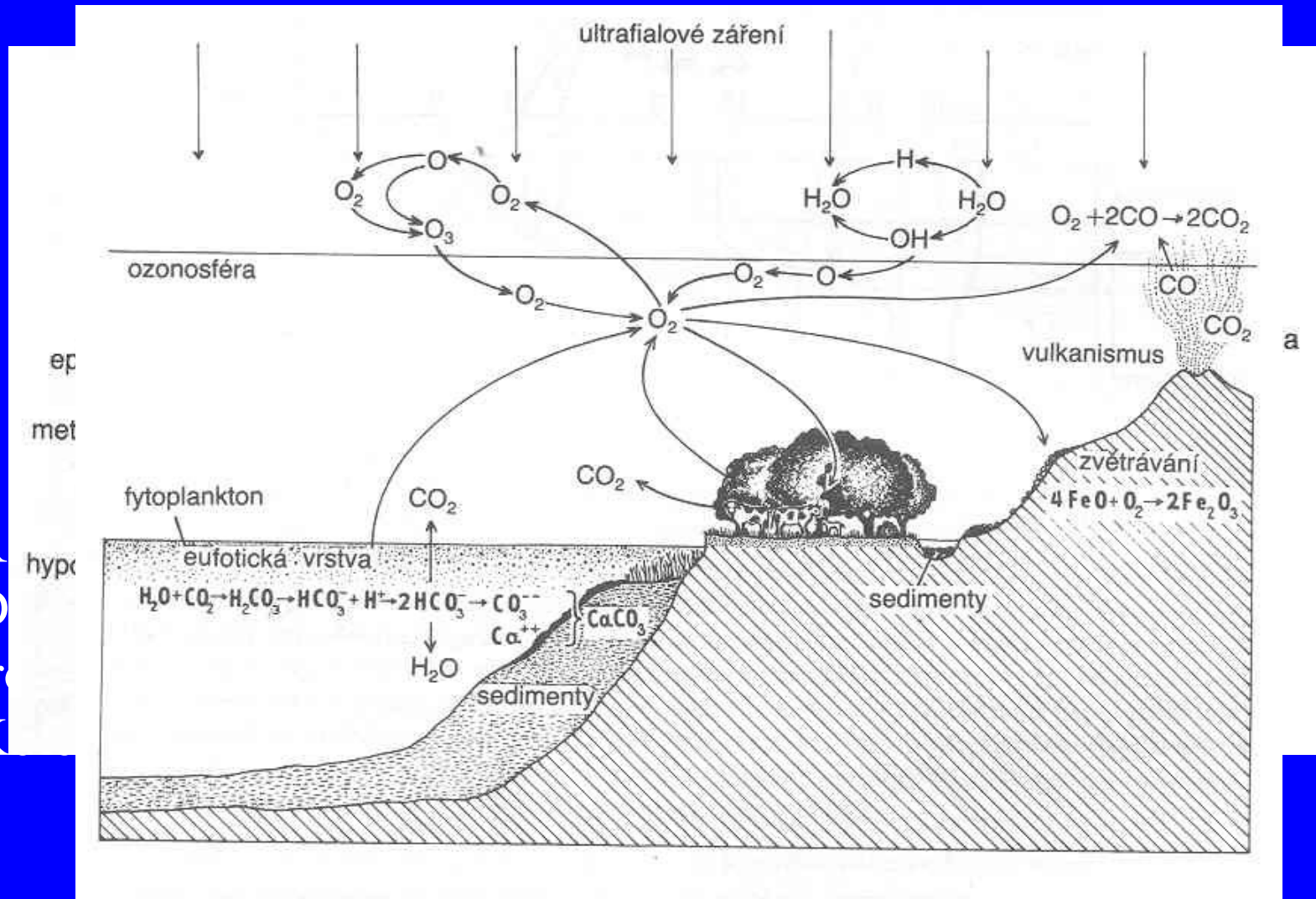
ních

řredí

í



# Koloběh kyslíku



R  
D  
tr  
K

us

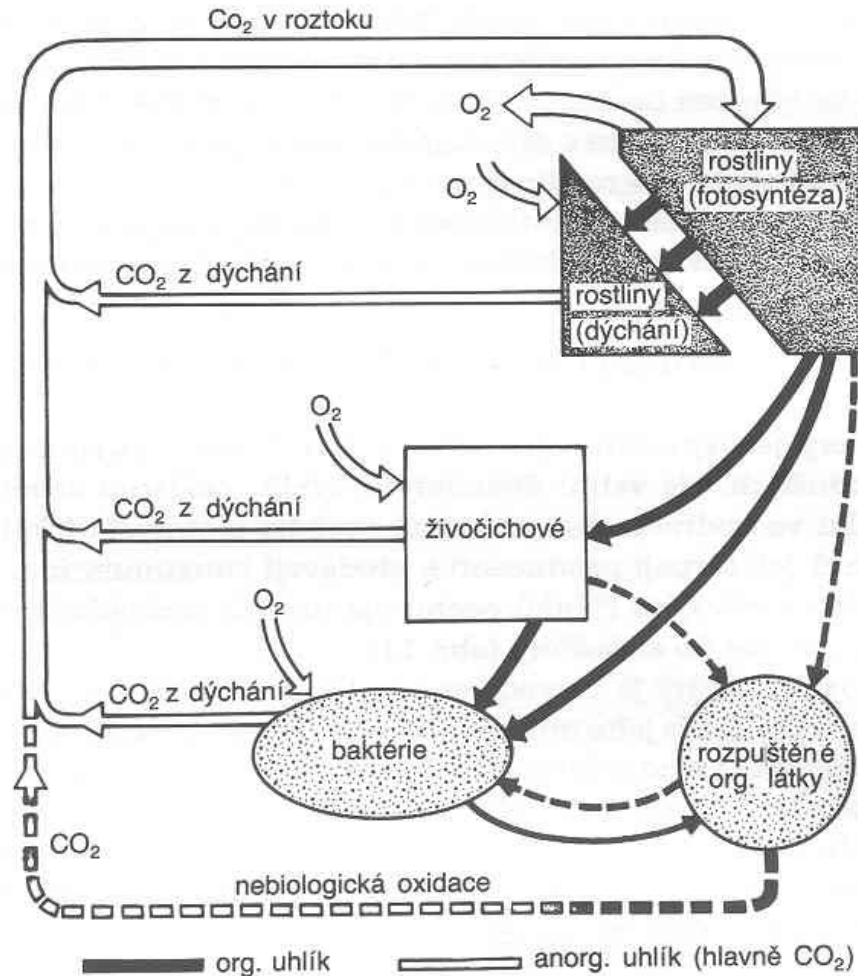
# Kyslíkový režim

- Rozpuštěný (mg/l)
- Relativní sycení (%)
- Procesy s kyslíkem
  - Biochemická spotřeba kyslíku – BSK (BOD)
  - Chemická spotřeba kyslíku – ChSK (COD)
- Anoxie – anaerobie: amoniak, sulfan

# Koloběh uhlíku

- Hlavní
- 200x
- stanov

obsah (mg .
----------------

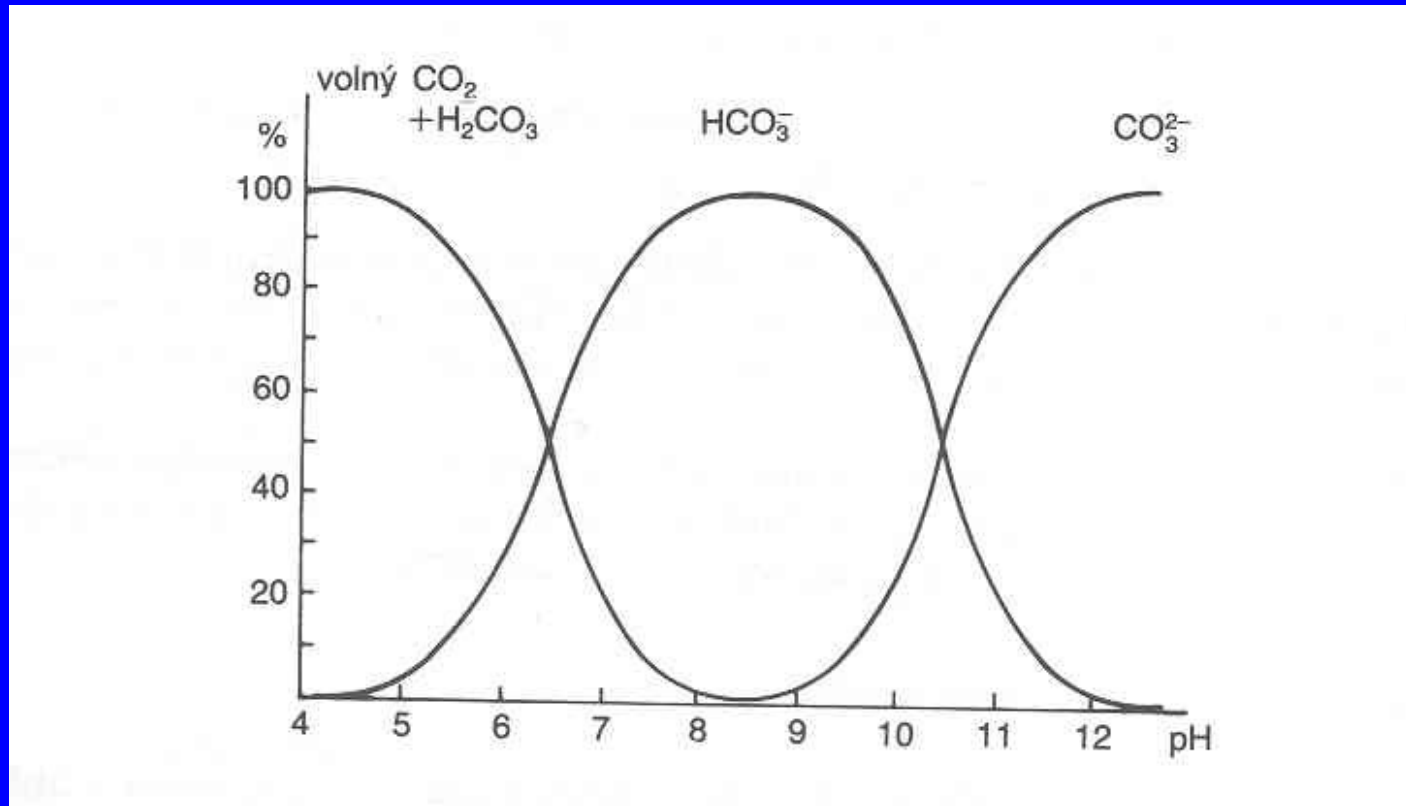


mg/l





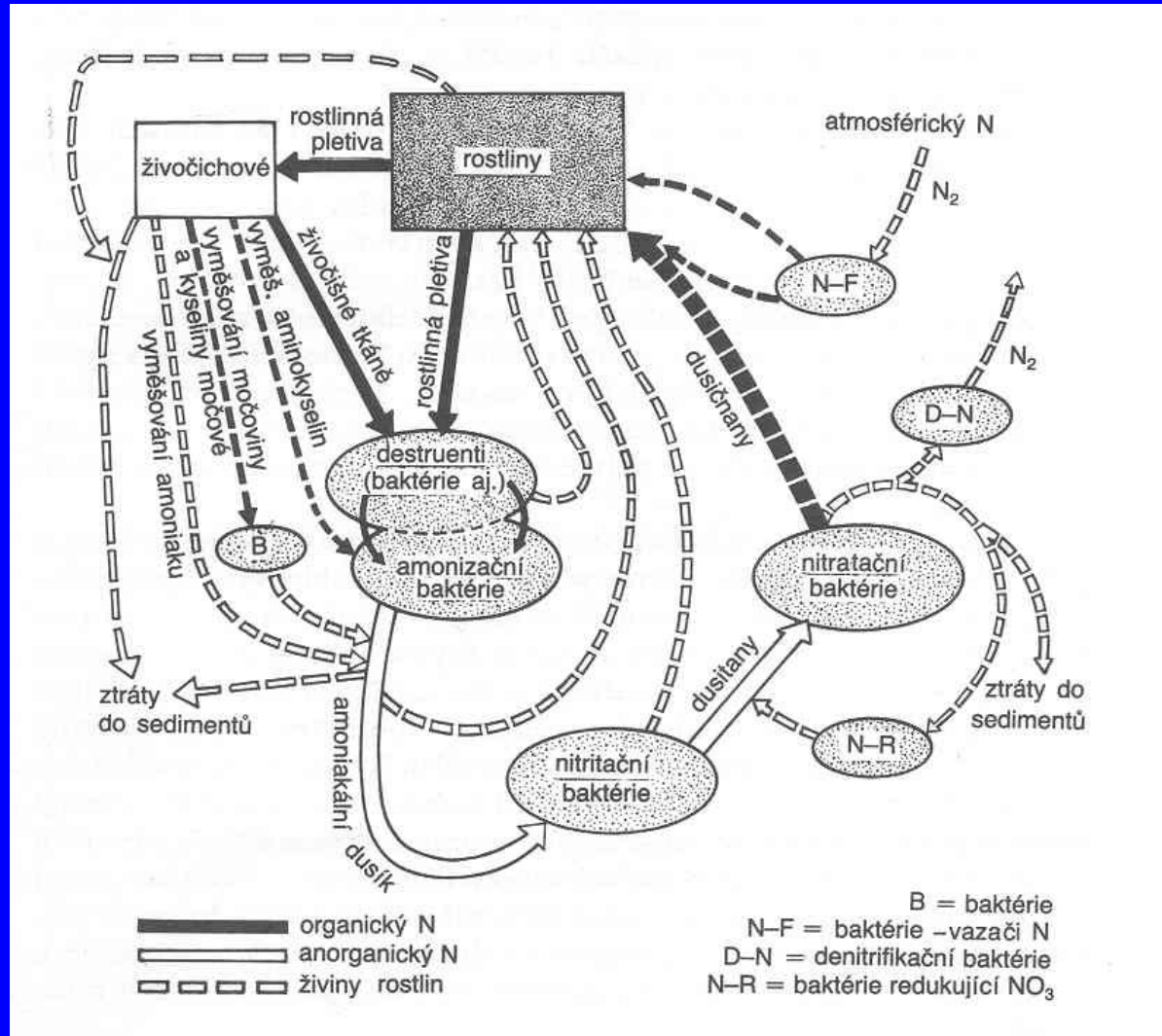
# Hydrogen – uhličitanový systém

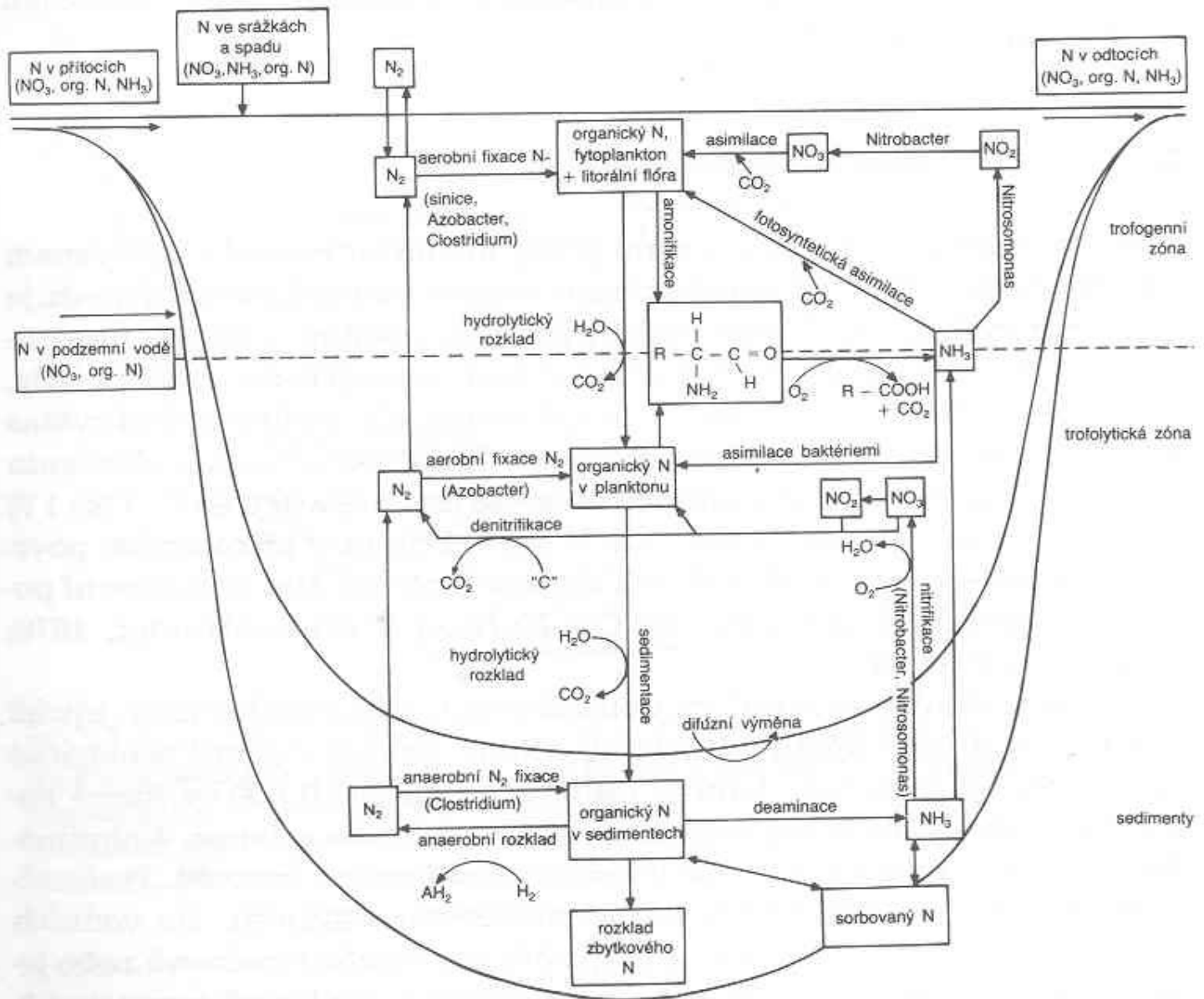


# Živinový režim

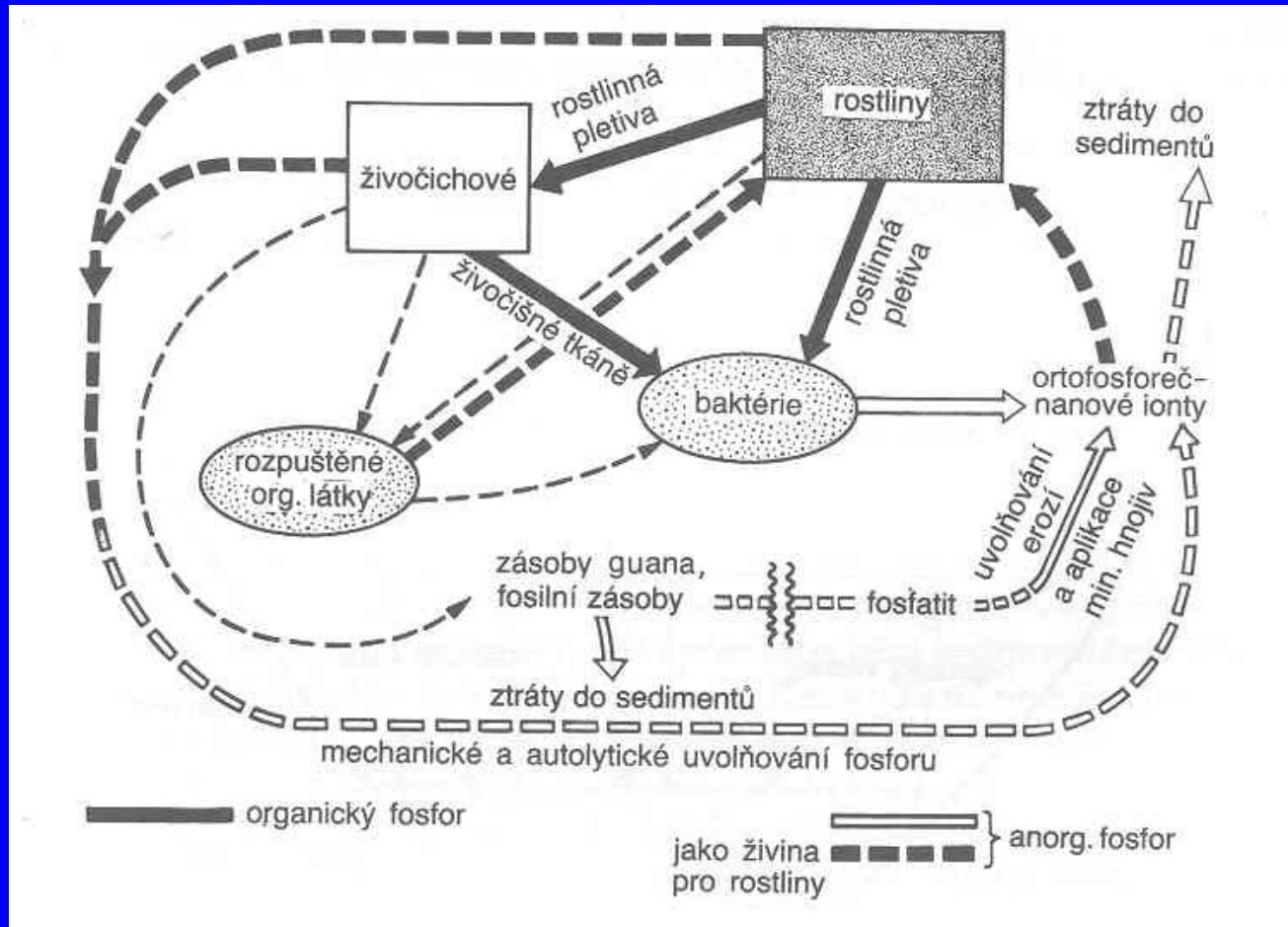
- Hlavní živiny – N, P, K
  - Poměr 600C : 20N : 1P
  - Biodostupné formy
- Esenciální živiny
  - Ca, Mg, Fe, Mn, Si
- Síra a sulfan

# Koloběh dusíku

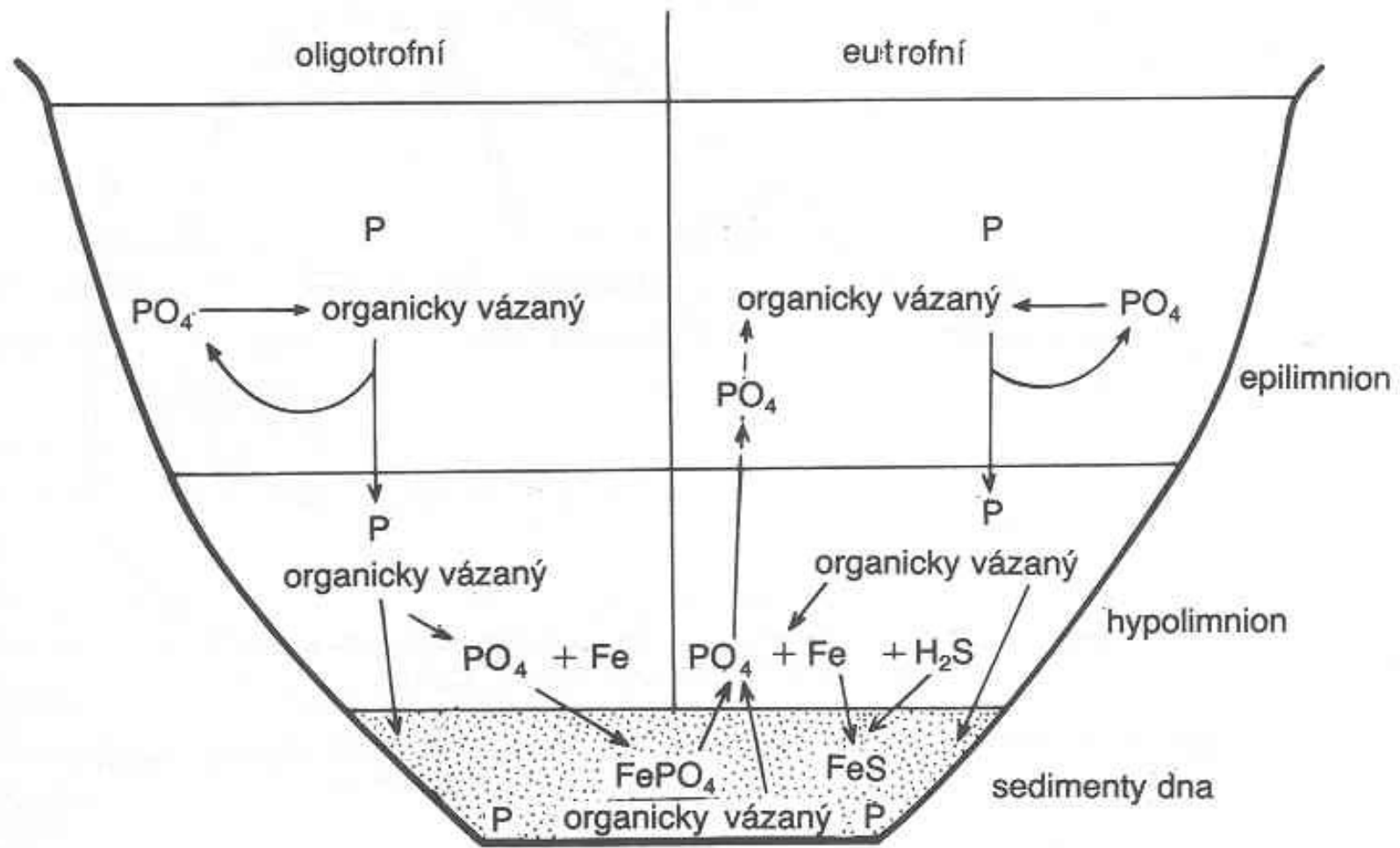




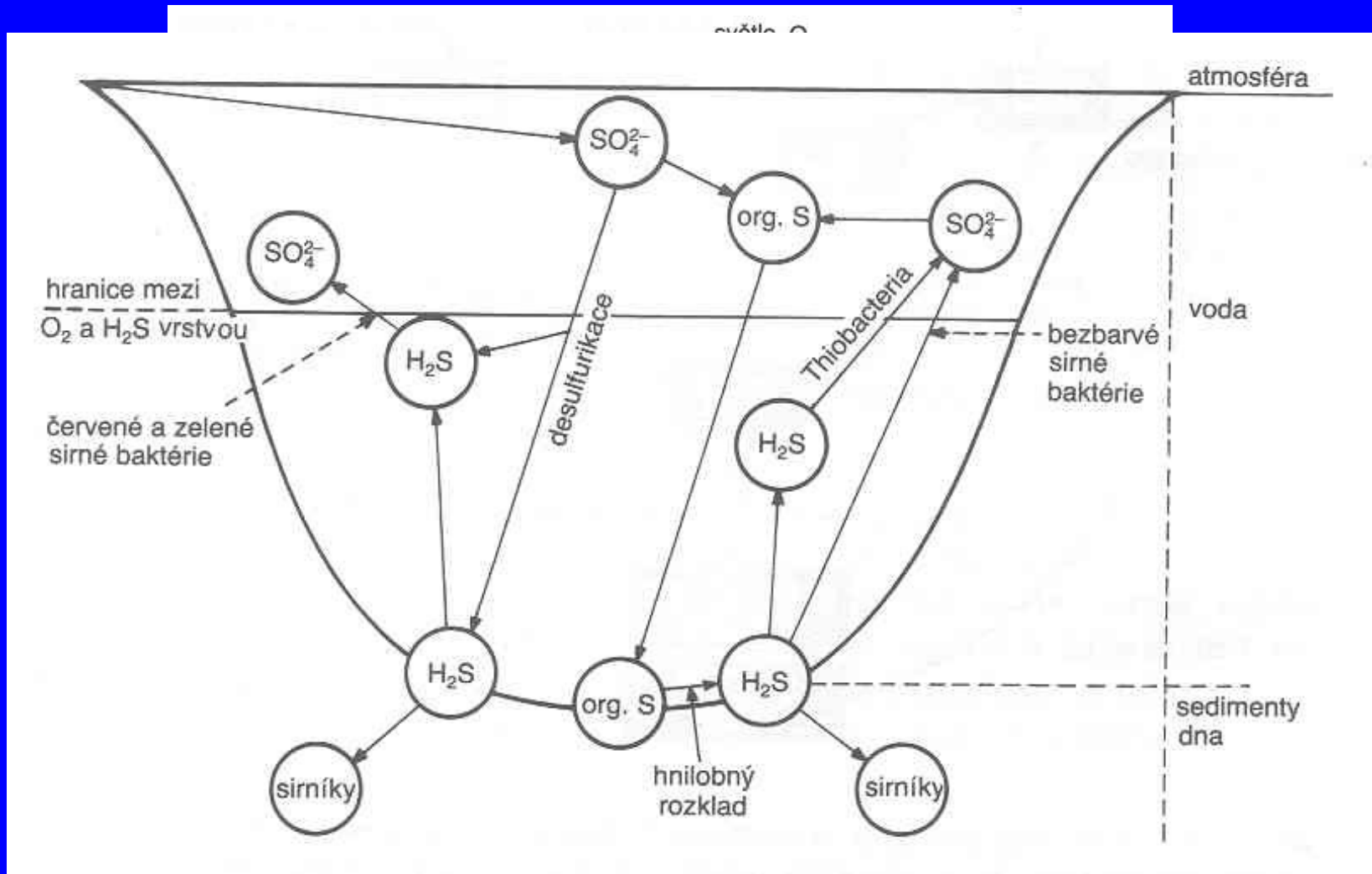
# Koloběh fosforu







# Koloběh síry



# Koloběh vápníku a hořčíku

- Ca
  - Součást koster – zdroj vápenec
  - Důležitá část ústojného systému
    - Může být potlačen fotosyntetickou aktivitou org,
- Mg
  - Společně s Ca, zdroj dolomity
  - Nezbytná součást přenosu energie (ADP – ATP)
  - Součást chlorofylu

# Koloběh železa

- Rozpustná forma  $\text{Fe}^{2+}$ ; nerozpustná forma  $\text{Fe}^{3+}$
- Organické a anorganické formy
- Partikulovaná forma 50 - 200 $\mu\text{g/l}$
- Limitující pro rozvoj fytoplanktonu (stimulace – inhibice)
- Vazby s fosforem, sínicí a kompetiční snižování množství železa

# Organické látky (organic matter)

- Základní formy
  - Rozpuštěné – DOM
  - Koloidní – COM
  - Partikulované – POM
- POM – velikostní kategorie
  - Hrubé – CPOM větší 1mm
  - Jemné – FPOM do 500  $\mu\text{m}$
  - Ultra jemné UFPOM



# Koloběh živin

## Nutrient dynamics

TABLE 13.1 Major forms of nitrogen and phosphorus found in natural waters (After Meybeck, 1982). Nitrogen is also present as dissolved  $N_2$  gas (not shown)

### Nitrogen

Dissolved inorganic nitrogen (DIN)

$NO_3^-$  nitrate

$NO_2^-$  nitrite

$NH_4^+$  ammonium

Total  
dissolved  
nitrogen  
(TDN)

Total  
nitrogen

Dissolved organic nitrogen (DON)

Particulate organic nitrogen (PON)

### Phosphorus

Dissolved inorganic phosphorus (DIP)

$PO_4^{3-}$  orthophosphate

Dissolved organic phosphorus (DOP)

Particulate organic phosphate (POP)

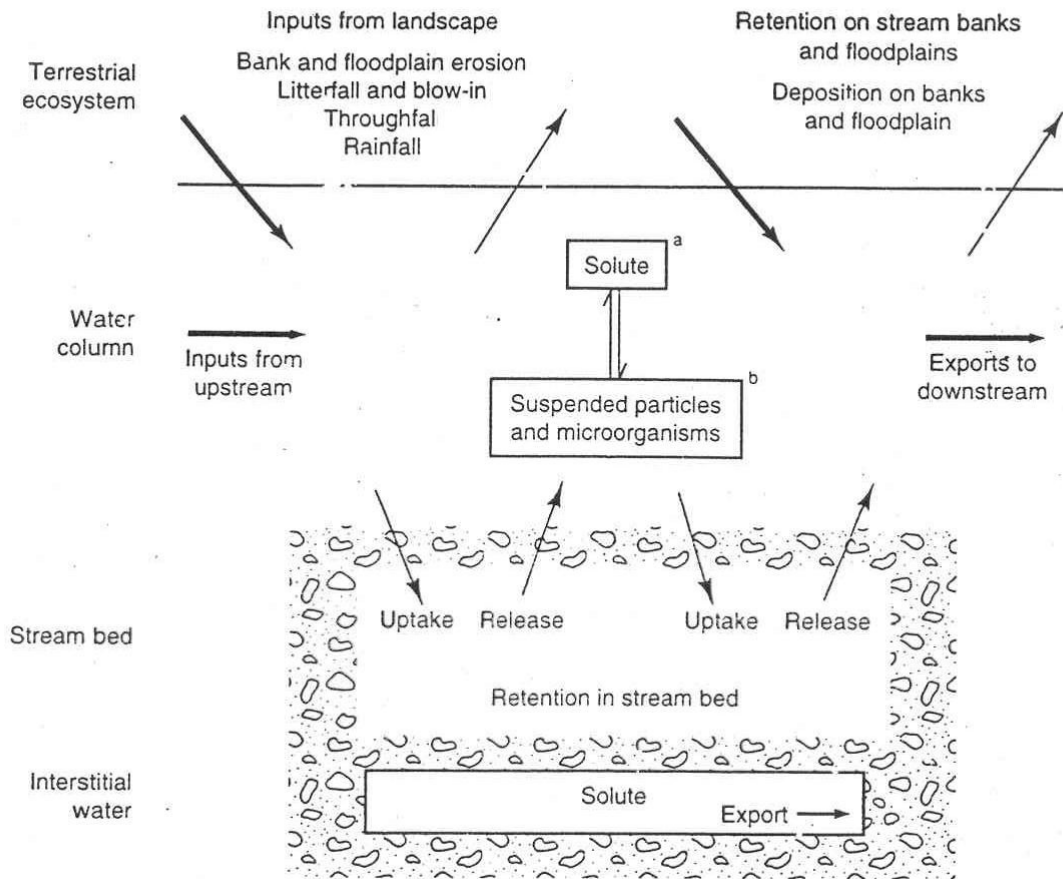
Particulate inorganic phosphorus (PIP)

Total  
dissolved  
phosphorus  
(TDP)

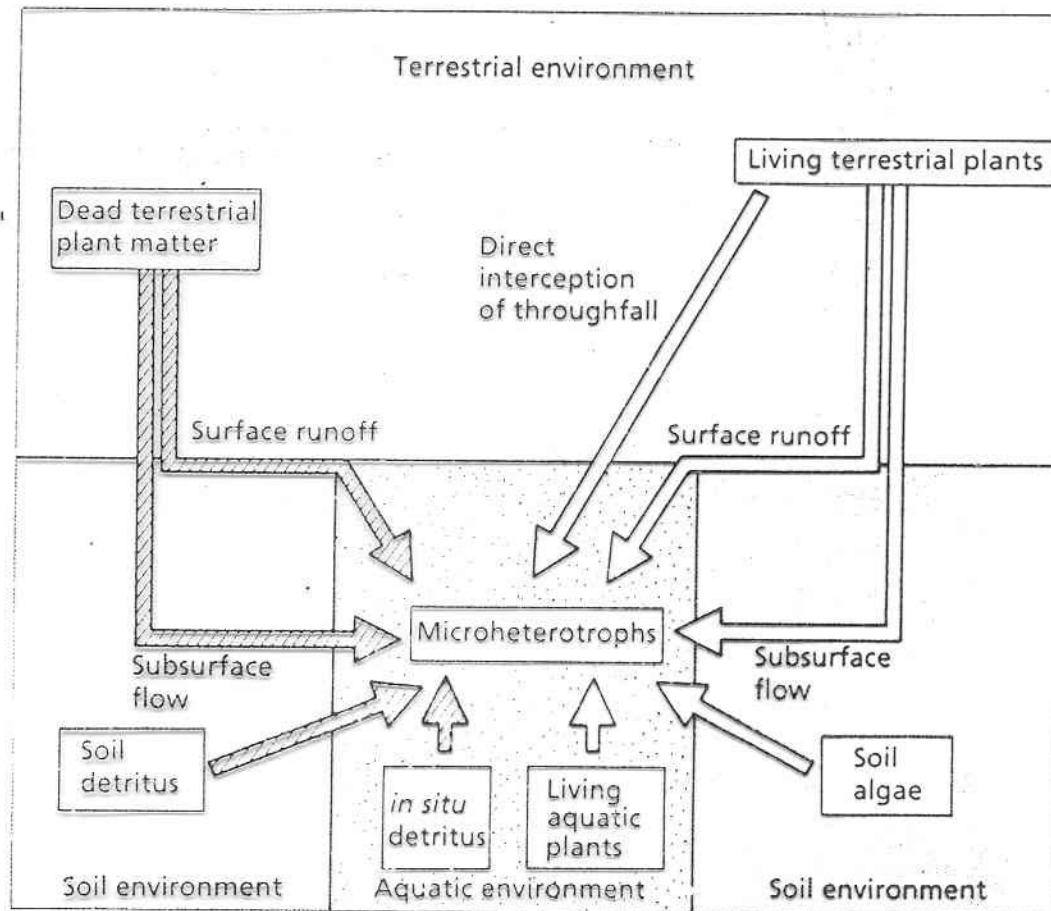
Total  
phosphorus

# Koloběh živin

## Nutrient dynamics



# Koloběh živin

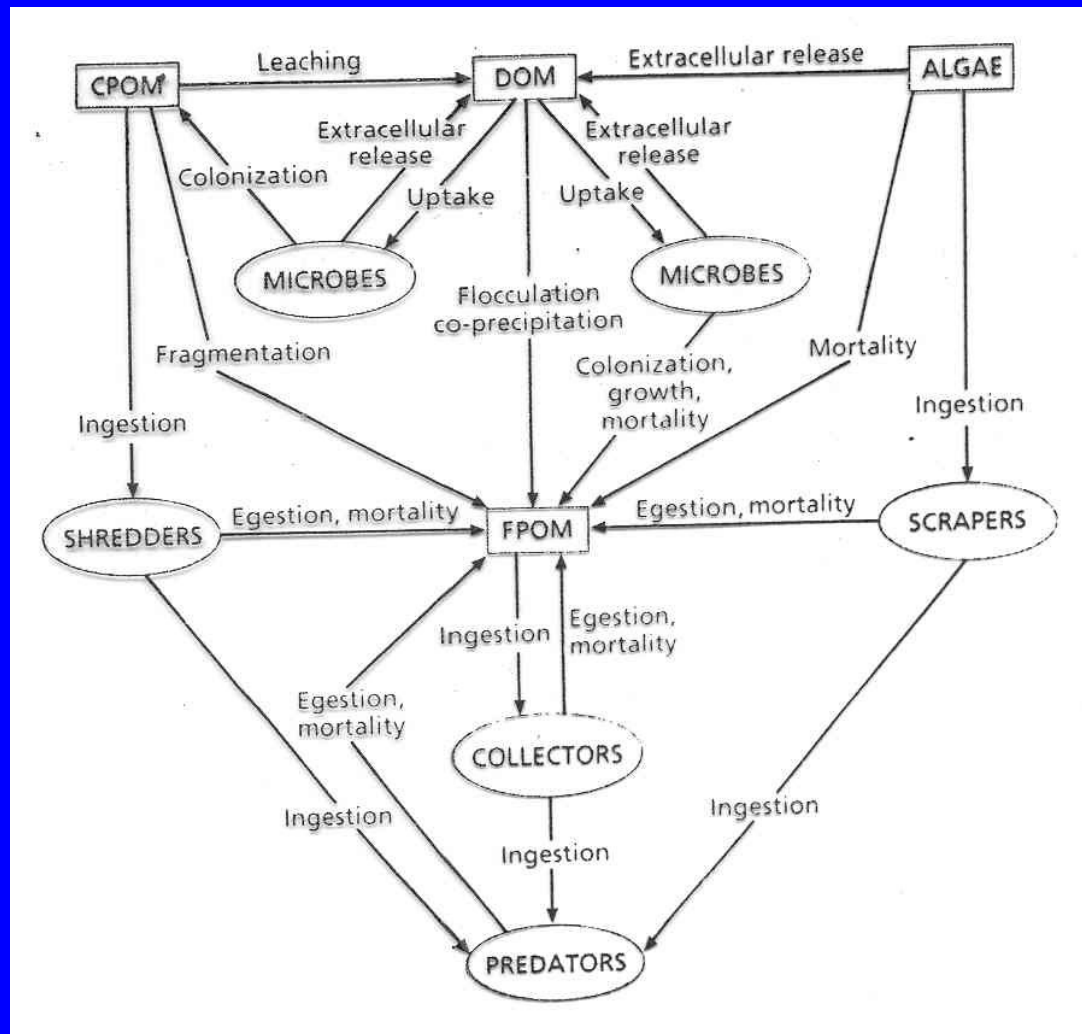


## Nutrient dynamics

TABLE 13.2 Phosphorus and nitrogen concentrations representative of various large river systems from different regions. Values indicate range across sites or seasons measured in  $\text{mg l}^{-1}$ . (Sources: Golterman, 1975; Whitton, 1975b; Sioli, 1984)

	$\text{PO}_4\text{-P}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
<b>Temperate rivers, receiving various amounts of anthropogenic inputs</b>			
Glama (Norway)	0.002-0.008	- <sup>a</sup>	0.065-0.33
Lot (France)	0.001-0.013	-	0.32-0.52
Meuse (Belgium)	<0.005-0.6	<0.002-0.66	<0.1-6.3
Tees (UK)	0.025-1.27	0.017-0.280	0.166-1.05
Upper Volga	0.018-0.26	0.53-1.4	0.58-0.93
Wye (Wales)	near 0-0.13	-	0.1-2
<b>Tropical rivers, generally less influenced by human activities</b>			
<i>South America</i>			
Amazon			
Mainstem	0.012	-	0.40
Andean streams	-	-	very low
Whitewaters	0.015	-	very low
Clearwaters	<0.001	-	very low
Blackwaters	0.006	-	very low
Upper Parana	0.02-0.18	0.02-0.62	0.03-0.86
<i>Africa</i>			
Blue Nile	0.002-0.12	-	0.001-0.10
White Nile	0.005-0.10	-	0.010-0.09
Orange	0.003-0.10	-	0.030-1.40
<i>Asia</i>			
Gombak	0.010-0.41	0.05-0.08	0.40-0.88
Sumutra	0.0070	-	0.175

# Koloběh živin a org. hmoty



# Organismy dle zdroje energie

- Autotrofní org. - producenti
- Heterotrofní org.- konzumenti
  - Kouskovači (drtiči) – shredders
  - Sběrači – collectors
  - Seškrbávači (spásači) – scrapers (grazers)
  - Dravci (predators)
- Heterotrofní org. - destruenti (dekompozitoři)



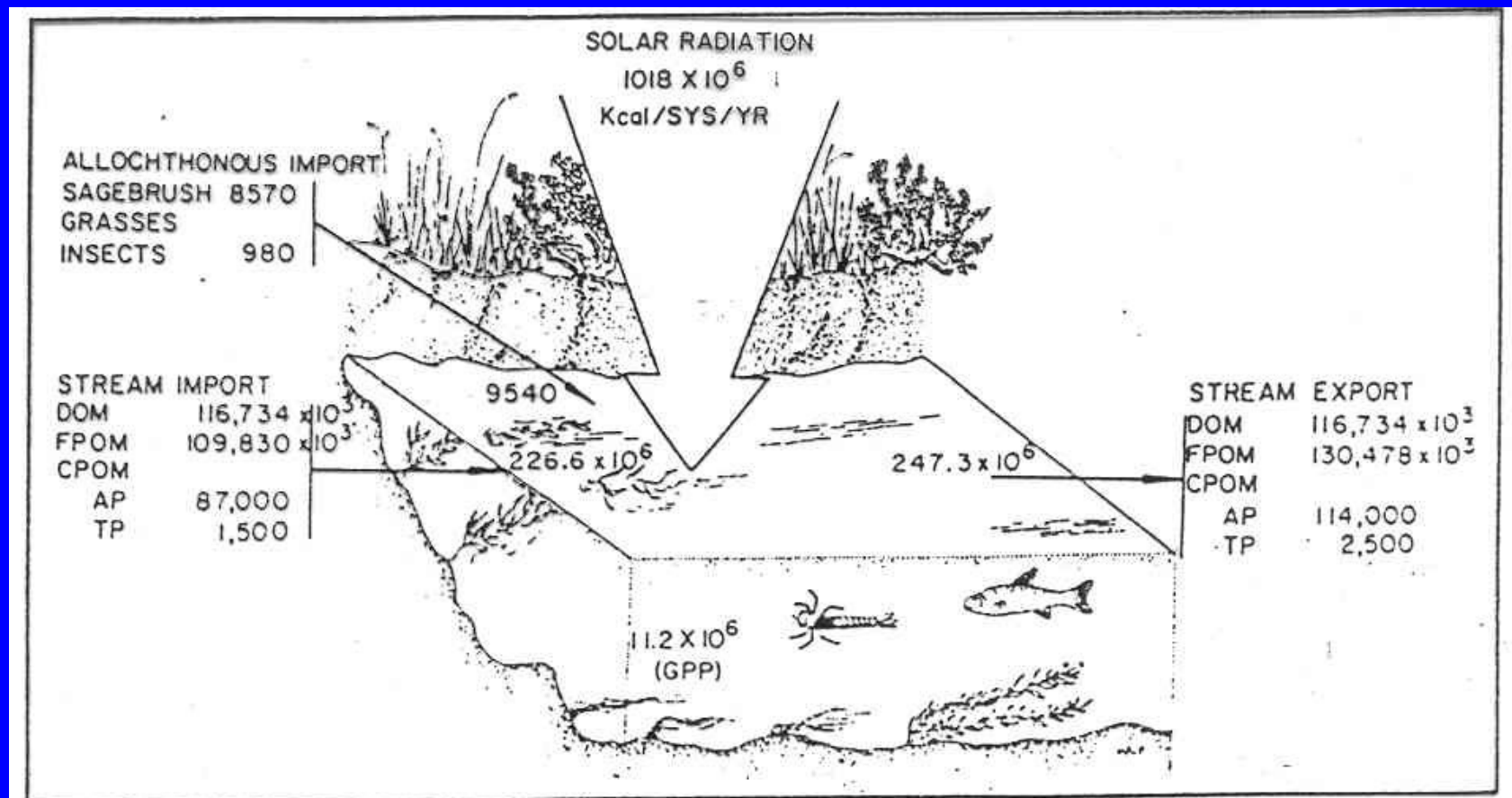
# Organismy dle zdroje energie

**TABLE 4.1**

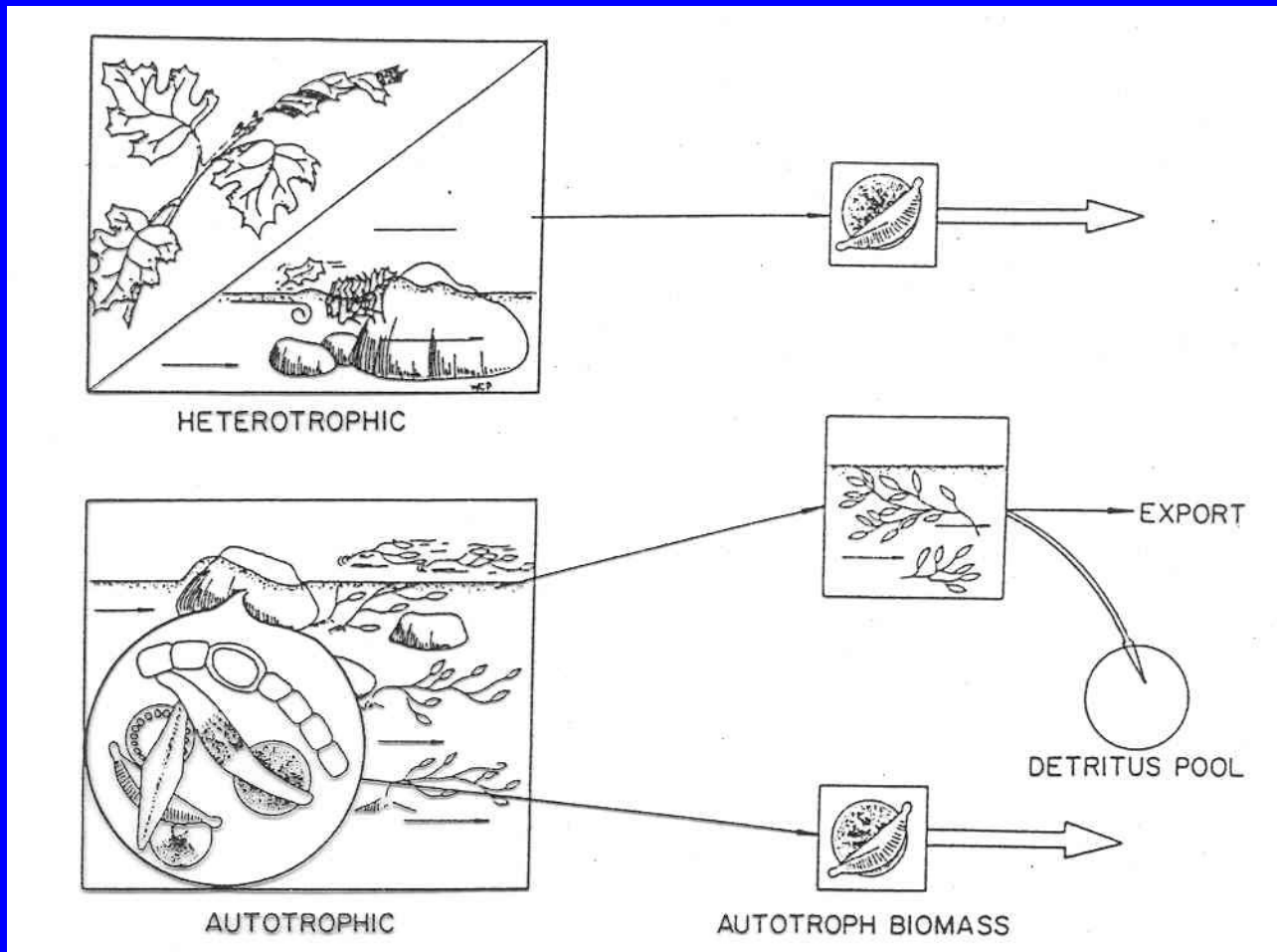
Nutritional types of organisms and the primary resources used for obtaining energy and synthesizing biomass (POC = particulate organic carbon, DOC = dissolved organic carbon).

	Energy source	C-source	e-donator	e-acceptor
<b>Photoautotrophs</b>				
Plants, Cyanobacteria	Light	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
pigmented sulphur bacteria	Light	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>
sulphur-free purple bacteria	Light	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
<b>Chemolithoautotrophs</b>				
colorless sulphur bacteria (*; H <sub>2</sub> S, S, or S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	S*	CO <sub>2</sub>	S*	O <sub>2</sub>
nitrifying bacteria	S*	CO <sub>2</sub>	S*	NO <sub>3</sub>
	NH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>
	NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
iron-oxidizing bacteria	Fe <sup>2+</sup>	CO <sub>2</sub>	Fe <sup>2+</sup>	O <sub>2</sub>
methane bacteria	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
<b>Chemolithoheterotrophs</b>				
<i>Desulfovibrio</i>	H <sub>2</sub>	DOC	H <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>
<b>Chemoorganoheterotrophs</b>				
animals	POC	POC	POC	O <sub>2</sub>
aerobic bacteria, fungi	DOC	DOC	DOC	O <sub>2</sub>
denitrifying bacteria	DOC	DOC	DOC	NO <sub>3</sub>
desulphurizing bacteria	DOC	DOC	DOC	SO <sub>4</sub>

# Energie v ekosystému



# Celková trofie systému



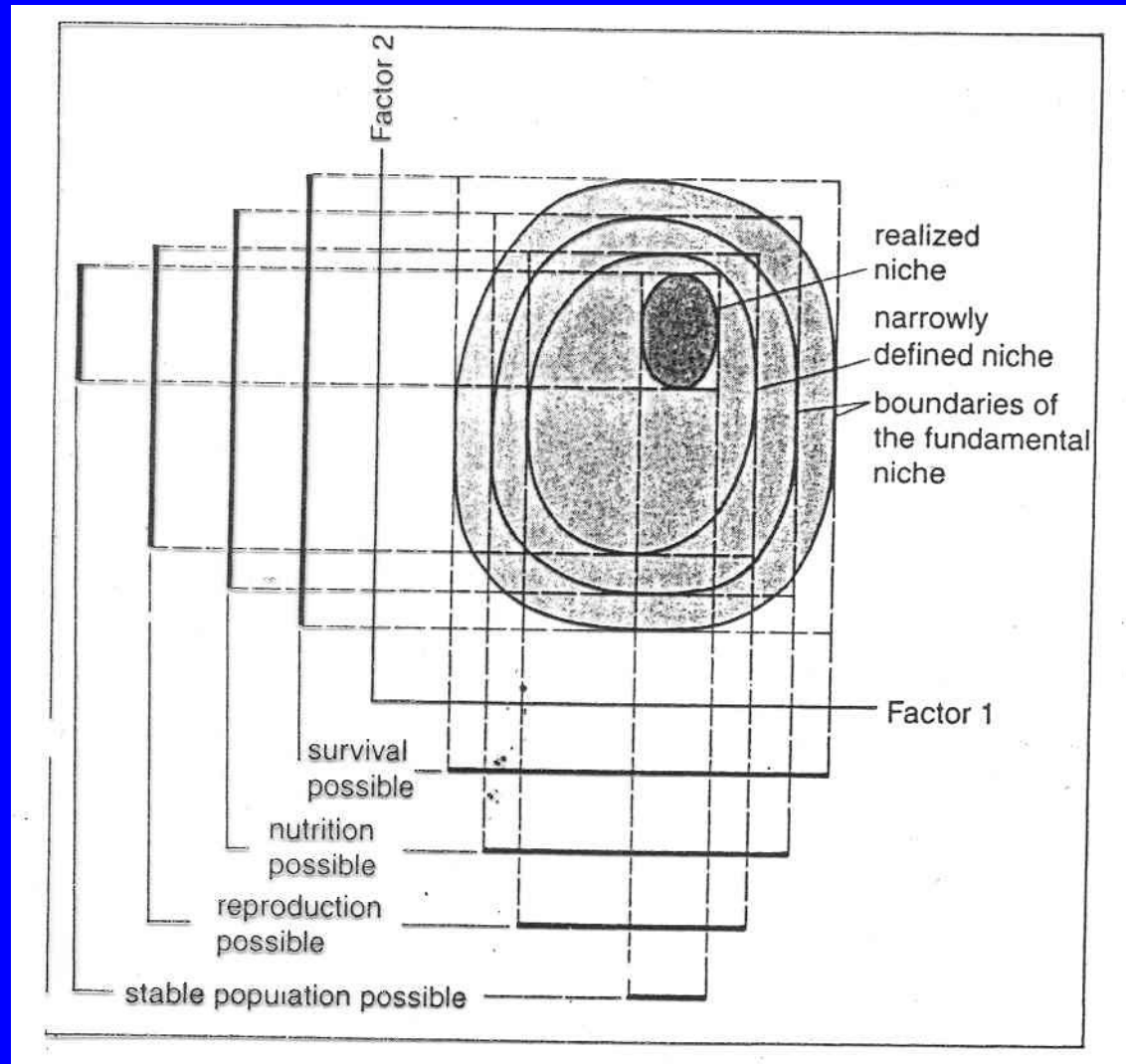
# Celková trofie systému

TABLE 22-23 Comparison of Invertebrate Feeding Group Ratios and Stream Ecosystem Parameters for the Kalamazoo River, Southeastern Michigan<sup>a</sup>

Parameter	Stream order			
	1	2	3	5
Stream width (m)	1	5	10	45
Trophic status	Heterotrophic	Autotrophic	Heterotrophic	Autotrophic
P/R ratio	0.47	1.13	0.90	1.23
Transport, CPOM / FPOM	0.022	0.016	0.019	0.022
Storage, CPOM / FPOM	0.36	0.11	0.15	0.10
POM, storage/transport	0.10	0.16	0.23	0.16
Mean annual				
Invertebrates $m^{-2} \times 10^3$	19.6	15.0	63.6	41.7
Shredders/total collectors	0.22	0.003	0.002	0.001
Filtering collectors/gathering collectors	0.67	0.42	0.45	1.50
Scrapers/shredders	0.18	12.23	3.99	16.91
Scrapers/(shredders + total collectors)	0.08	0.24	0.11	0.05

<sup>a</sup>All invertebrate data used were means of fall-winter and spring-summer densities  $m^{-2}$  of individuals  $>0.5$  mm (extracted from Cummins *et al.*, 1981). P = gross annual primary production; R = annual community respiration. POM = particulate organic matter (CPOM = coarse POM and FPOM = fine POM).

# Ekologická nika



# Organismy - adaptace

- Hydrobionti, hydrofilové, hydroxenové
  - rheobiont, rheofil, rheoxen
- Adaptační mechanismy
  - Organismus
    - morfologie těla, fyziologie, imunologické reakce atd,
  - Populace
    - rozmnožování (načasování, mechanismy), vývojové cykly (délka, počet), behaviorální mechanismy, dormance atd.
  - Společenstva
    - mezidruhové vztahy - .....