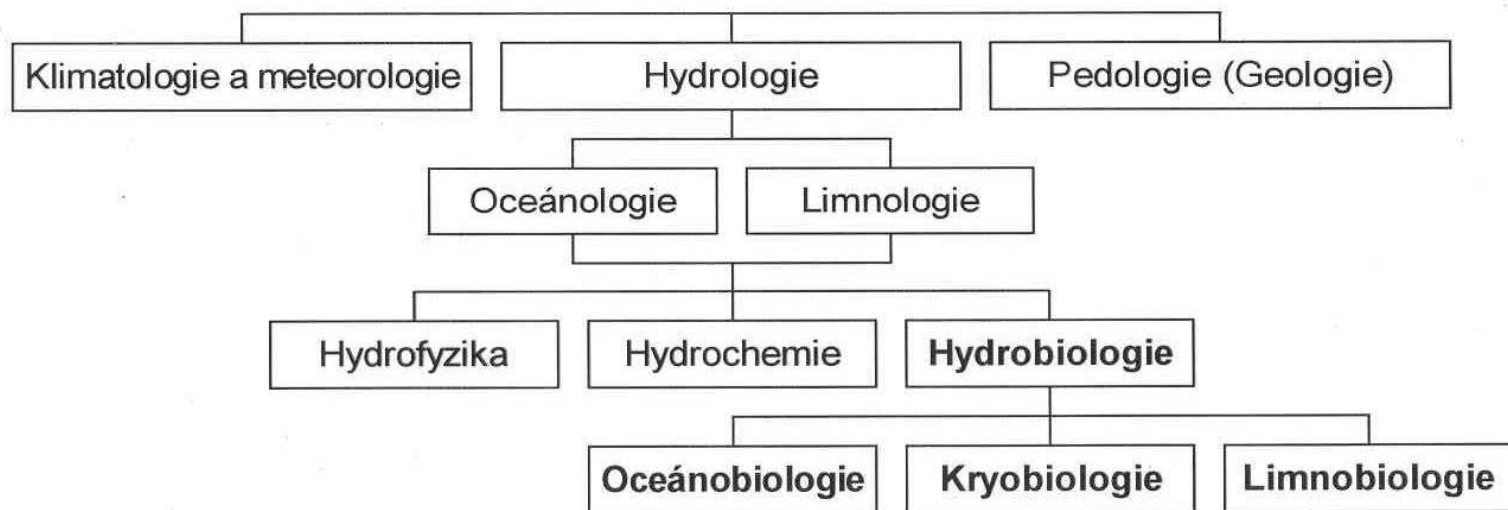


**Základy hydrobiologie
(limnologie, limnoekologie,
limnobiologie)**

Jan Helešic

(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)

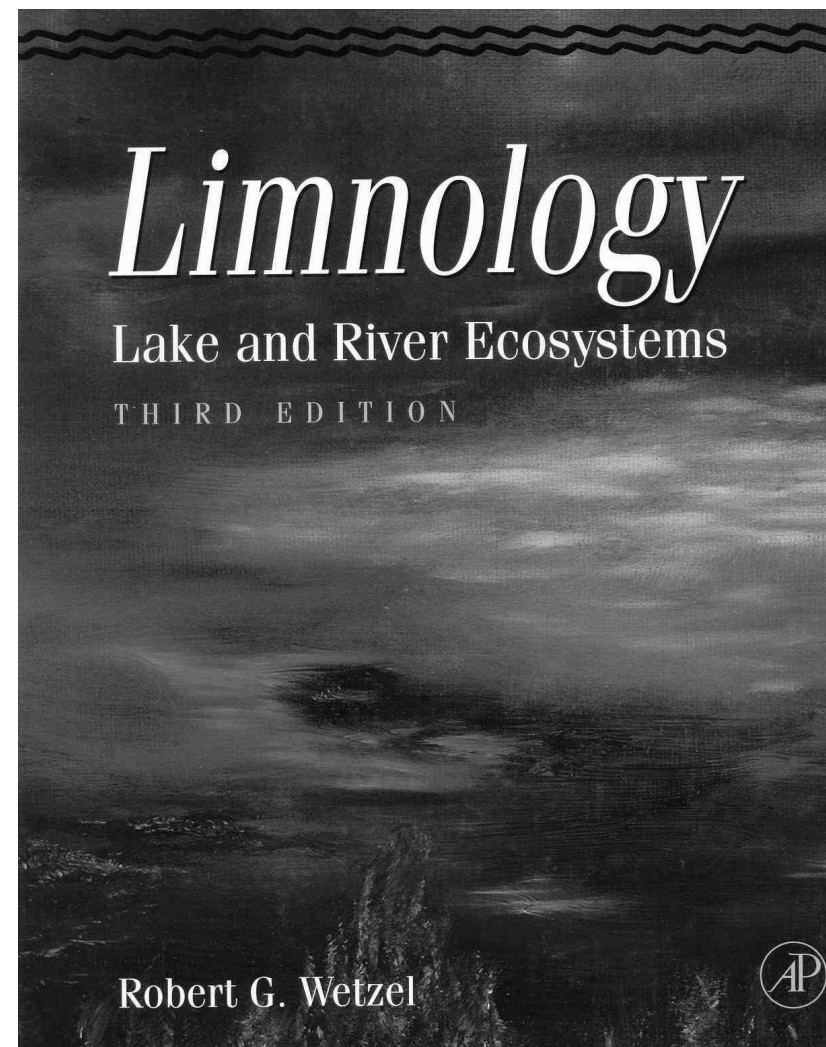
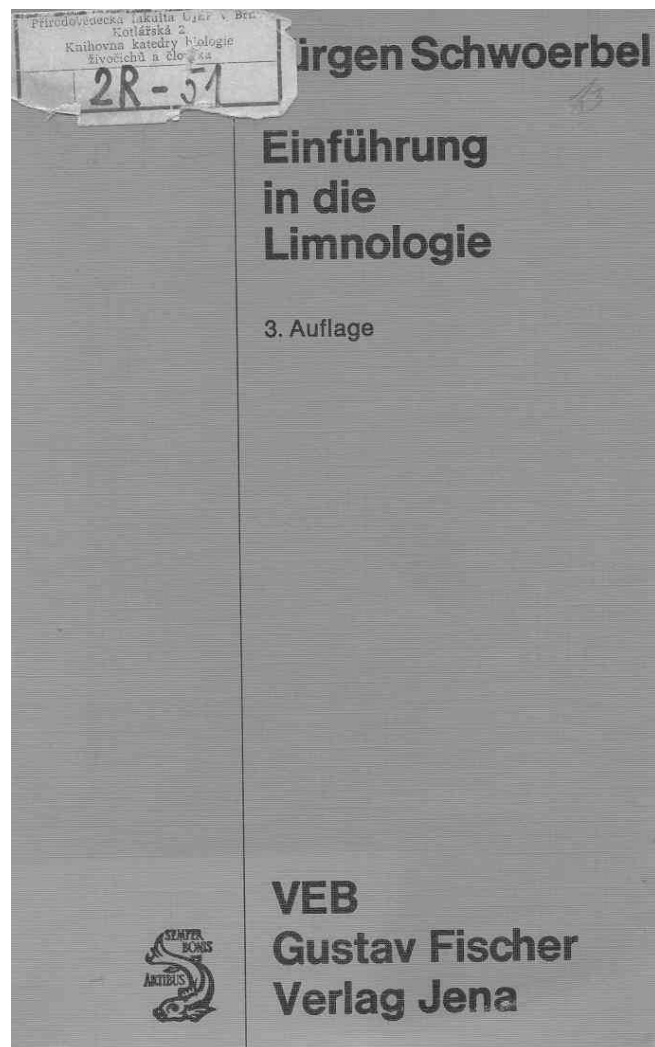


**Jan Lellák
František Kubíček**
HYDROBIOLOGIE

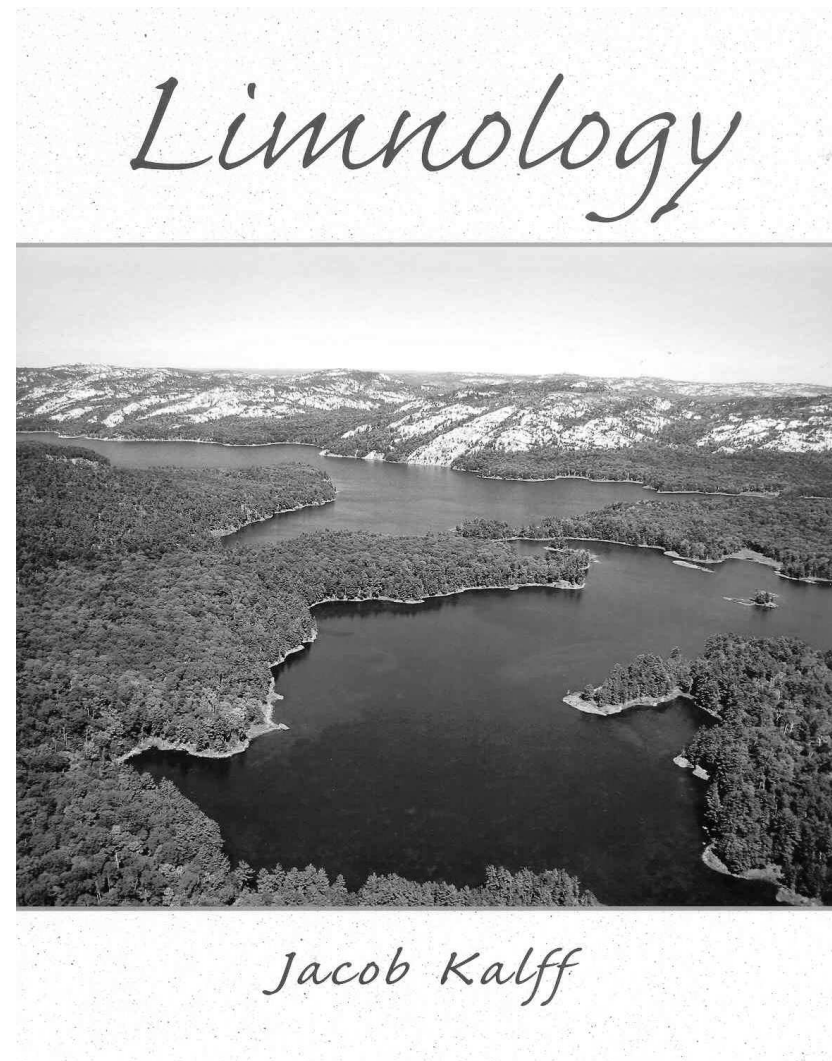
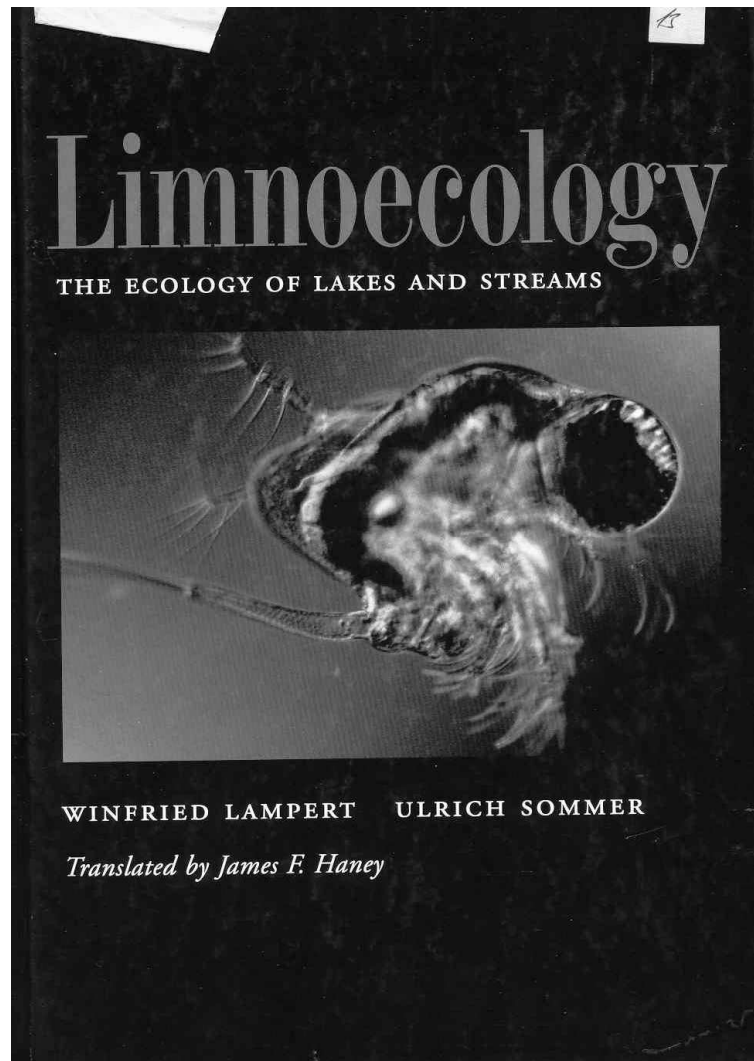


UNIVERZITA KARLOVA – PRAHA

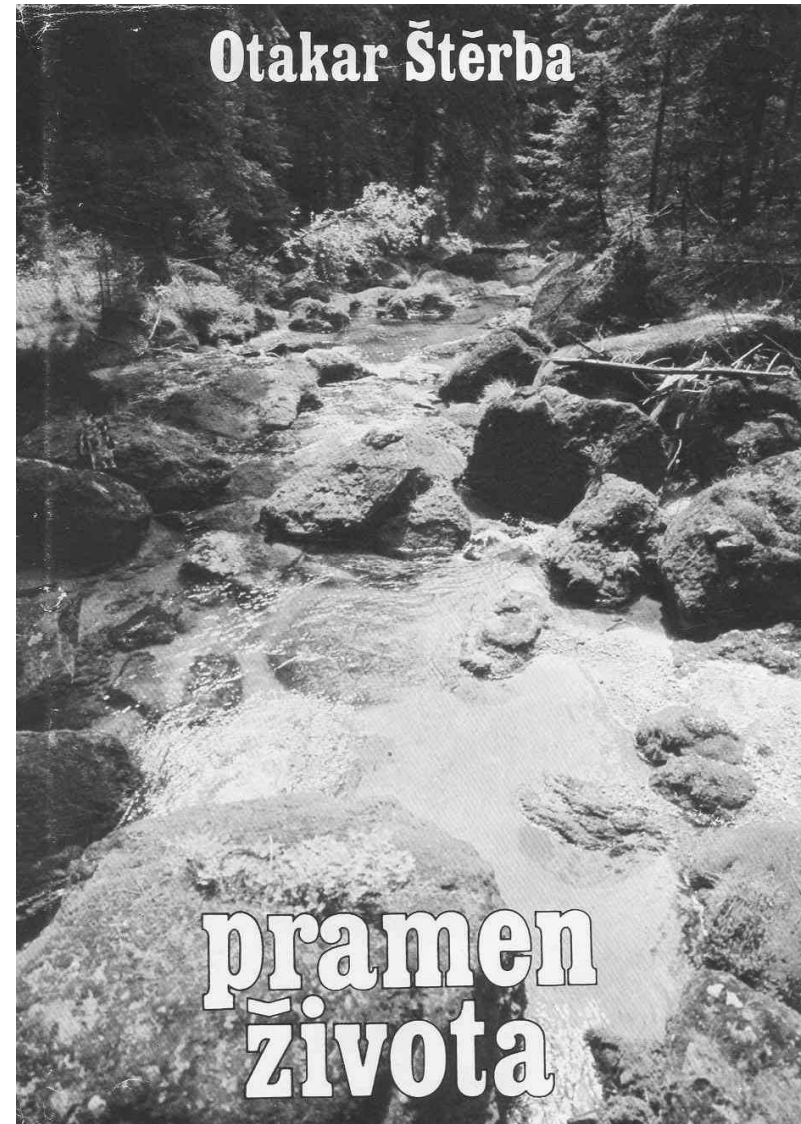
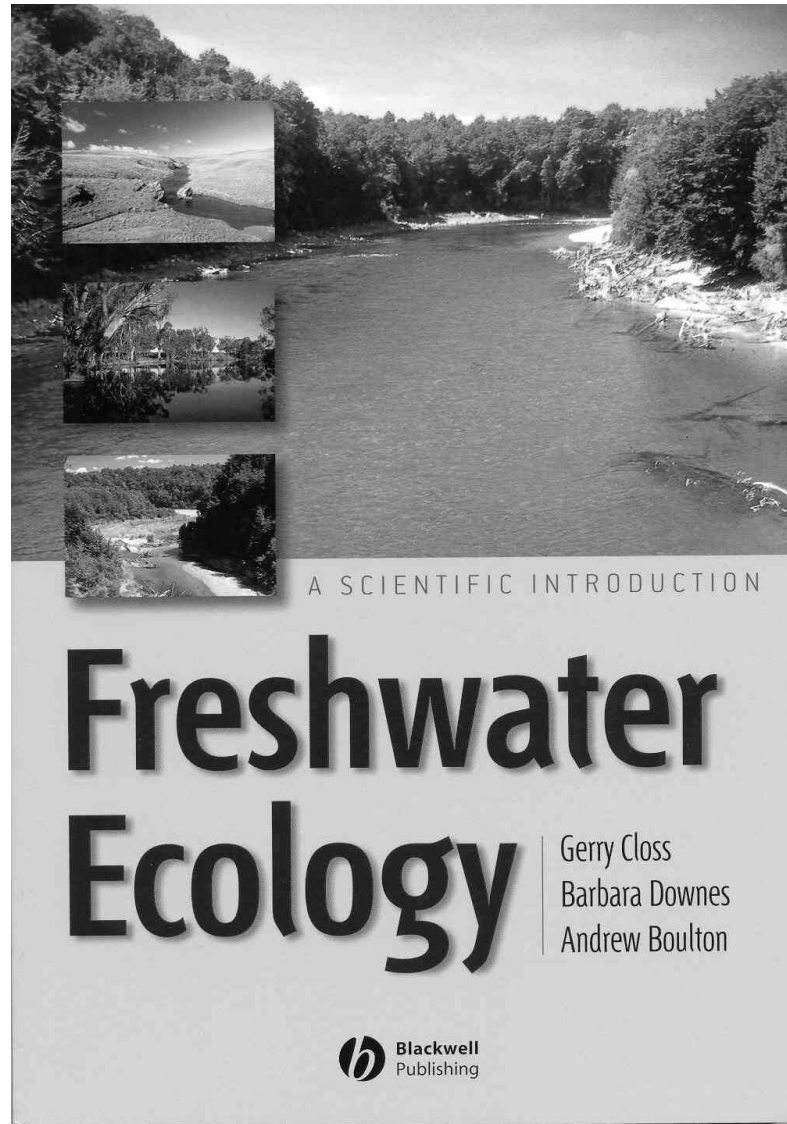
Základní učebnice



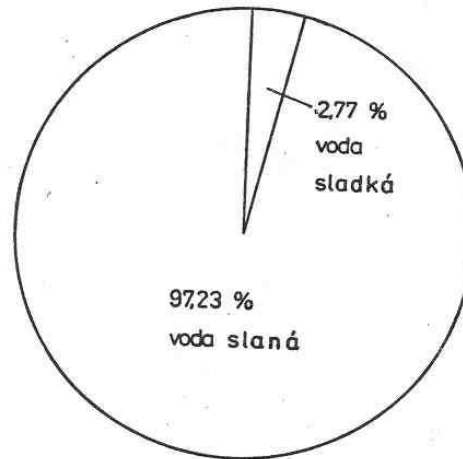
Základní učebnice



Základní učebnice

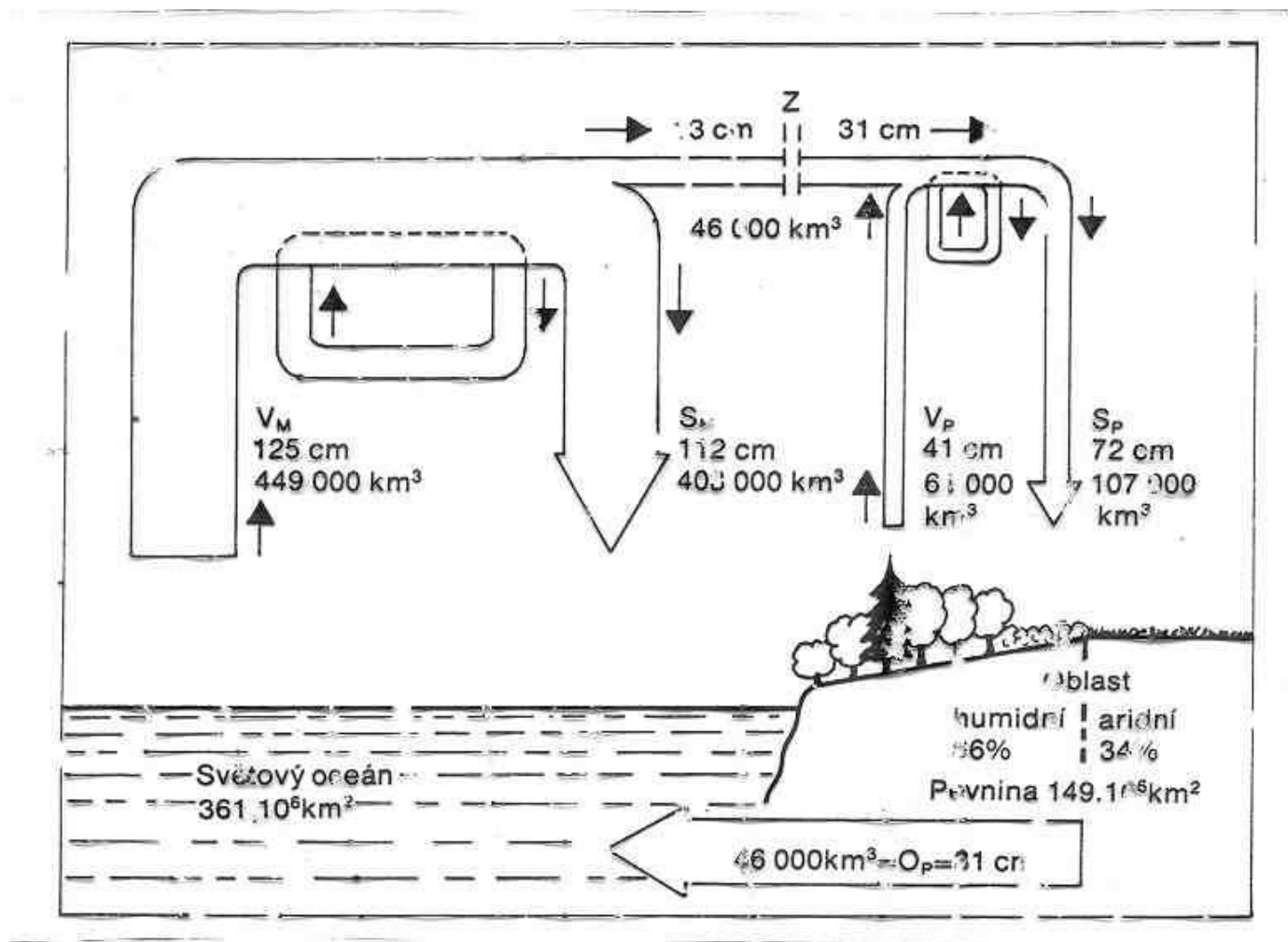


Voda na Zemi

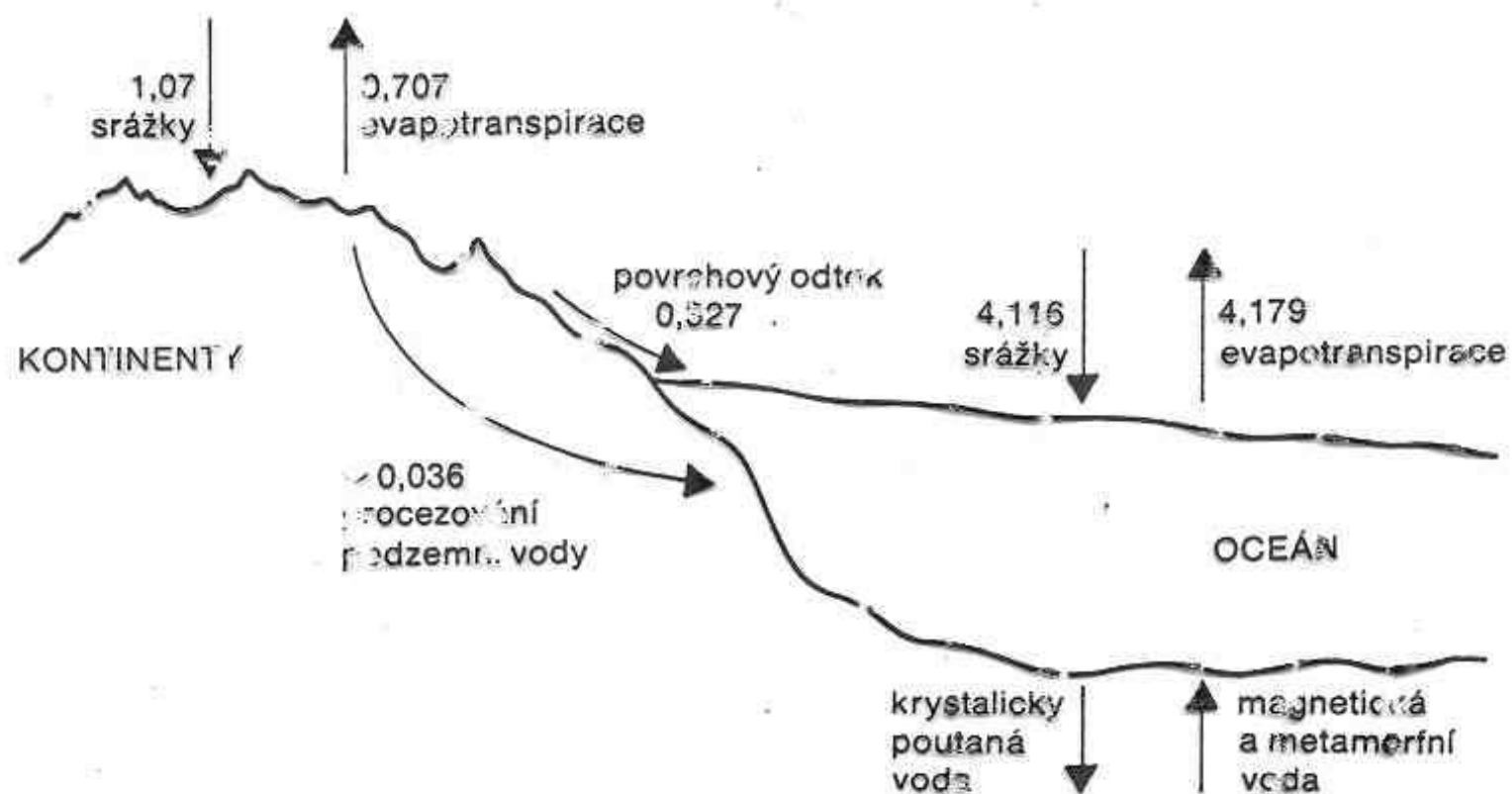


Voda na zeměkouli

Koloběh vody v biómu Země



Koloběh vody v biómu Země



Voda na Zemi a v ČR a SR

Tabulka 1

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

	Objem v tis. km ³	%	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

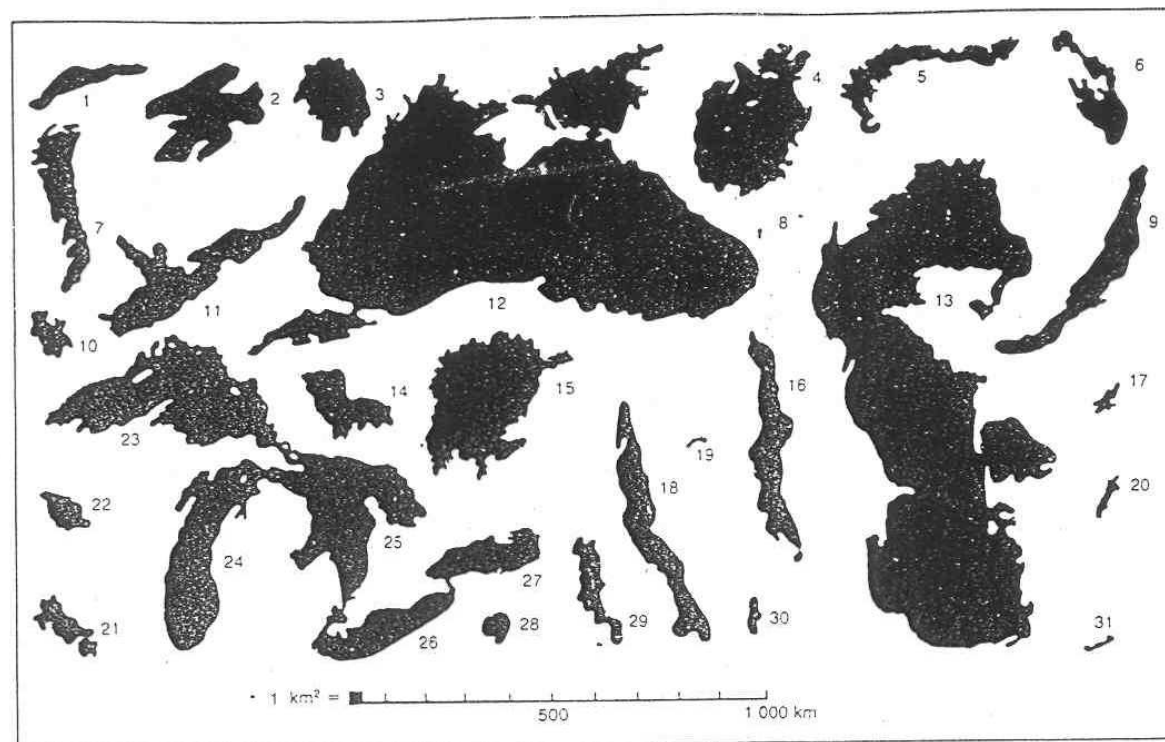
Tabulka 2

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

	Průměr ročních srážek		Průměr roč. odtoků		Délka toků s plochou povodí nad 5 km ² (km)	Odhad množství podzemních vod (mil.m ⁻³ .rok ⁻¹)
	(mm)	(mil.m ⁻³)	(mil.m ³)	(%)		
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

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

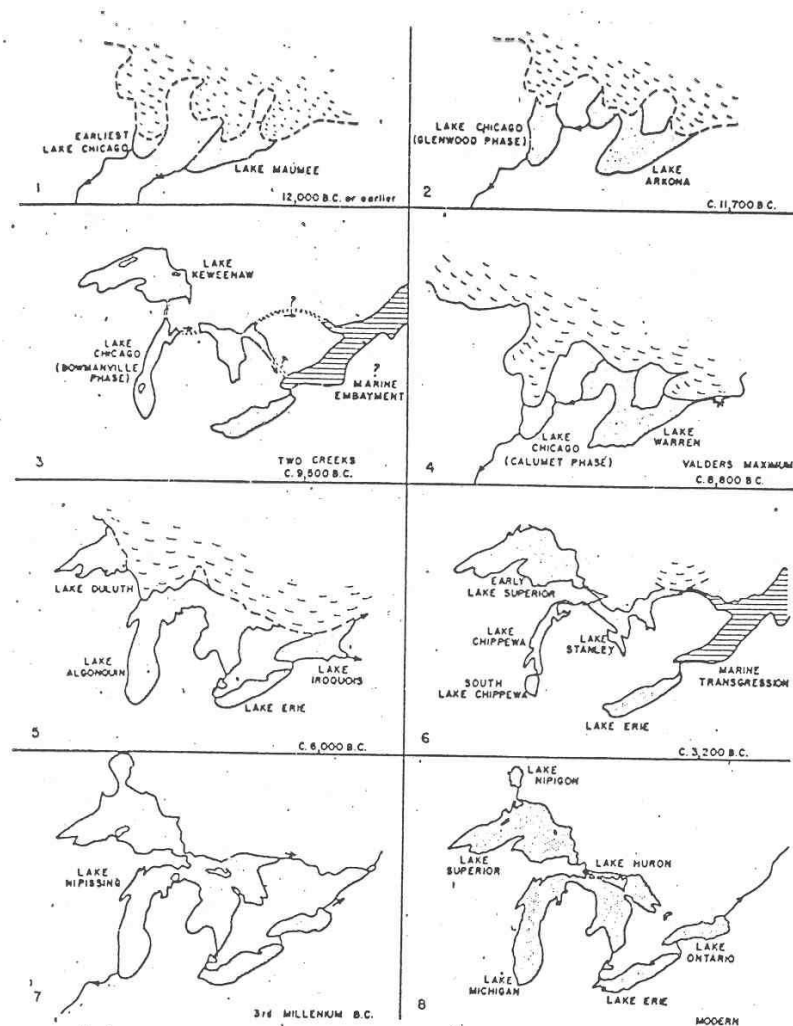
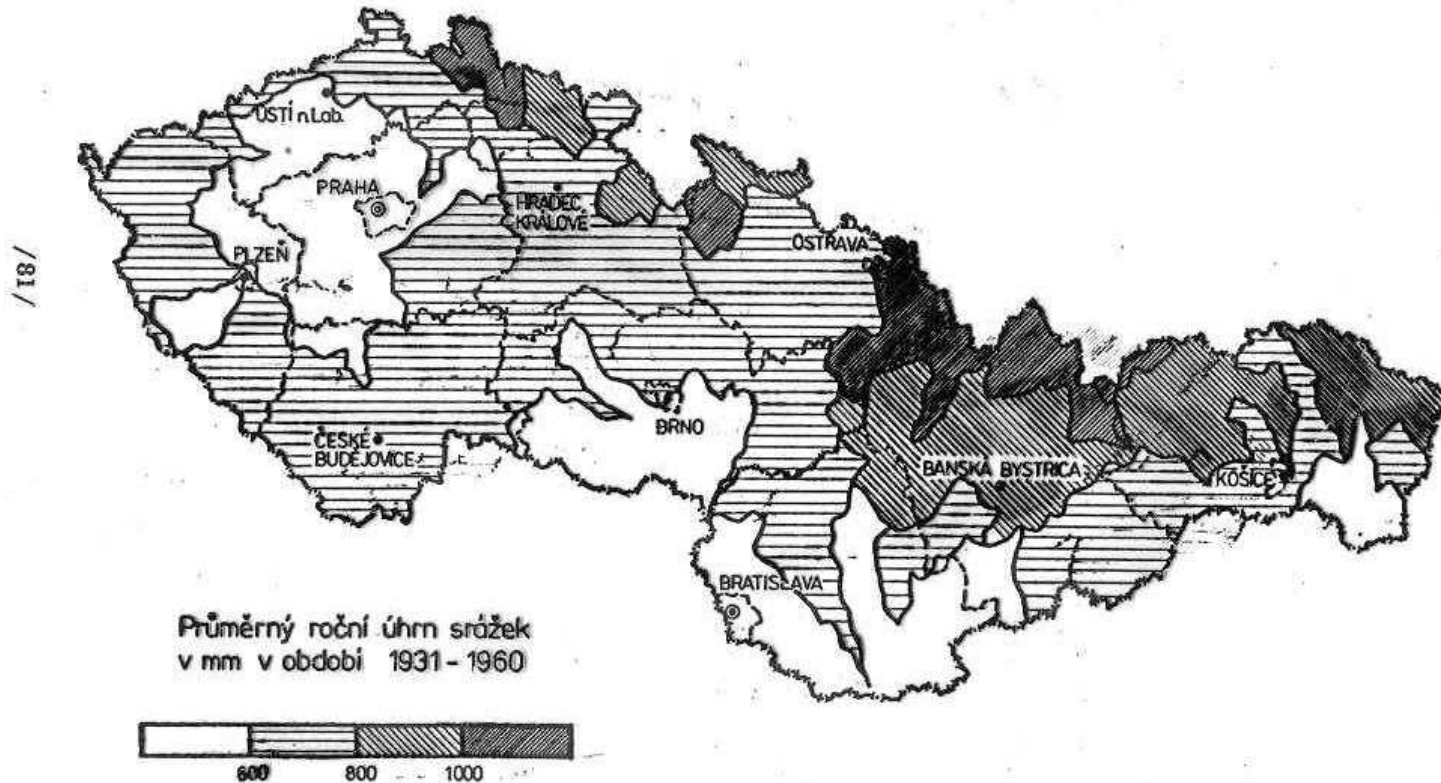


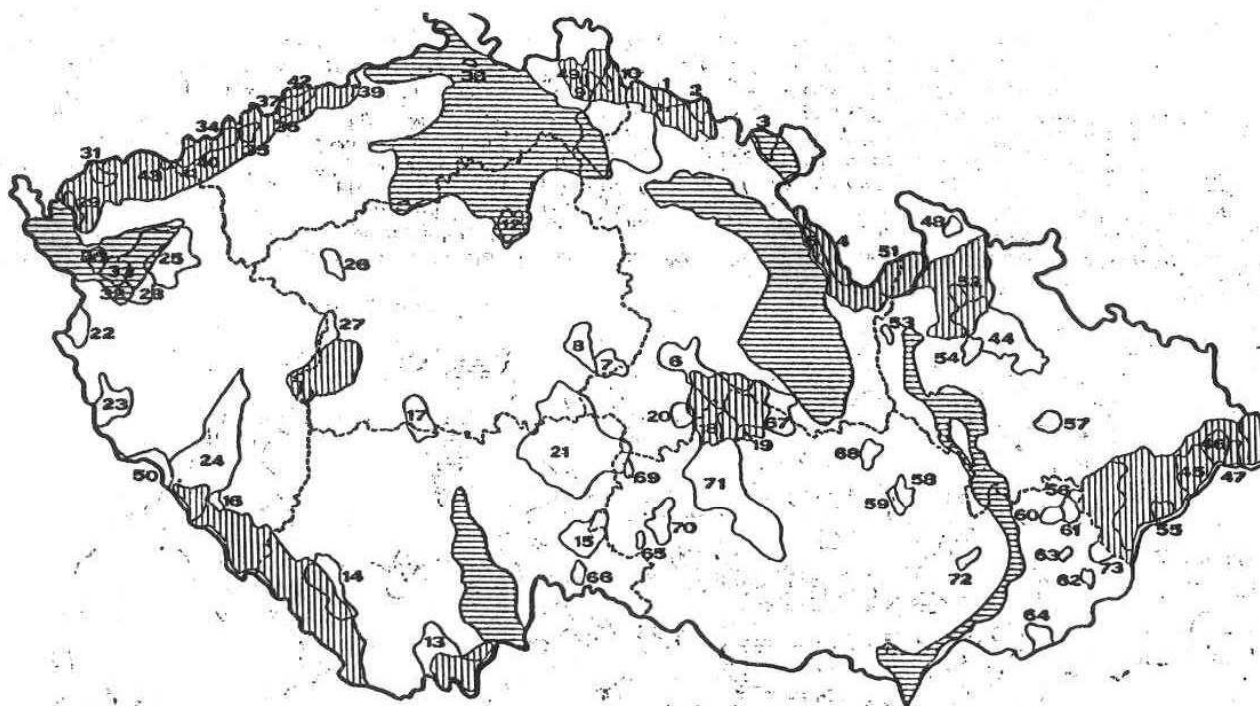
Figure 3-6. The history of the Laurentian Great Lakes. 1, Cary substage; 2, Late Cary; 3, Cary-Valders interstadial, low water in eastern basins, marine transgression in Ontario Basin; 4, Valders maximum; 5, Post-Mankato retreat; 6, Postglacial thermal maximum; 7, Lake Nipissing with triple drainage; 8, Modern lakes. (From Hutchinson, G. E.: A Treatise on Limnology. Vol. 1, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1957, after various sources; see Hough, 1958, for details.)

Voda v ČR a SR



Srážky v základních povodních ČSSR
Pramen: Směrné vodohospodářské plány ČSSR

Vodohospodářsky významné oblasti ČR



Obr. 1 Ochrana vodohospodářsky významných území. Označení chráněných oblastí přirozeně 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 – Kamenice, 10 – Černá Desná, 11 – Jizera, 12 – Jizera, 13 – Malše, 14 – Blanice, 15 – Hamerský potok, 16 – Ostružná, 17 – Brzina, 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 – Rolava, 32 – Teplá, 33 – Pramenský potok, 34 – Křimovský potok, 35 – Bilina, 36 – Loupnice, 37 – Bílý potok, 38 – Chýbšská Kamenice, 39 – Rybný potok, 40 – Přisečnice, 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 – Nemilka, 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

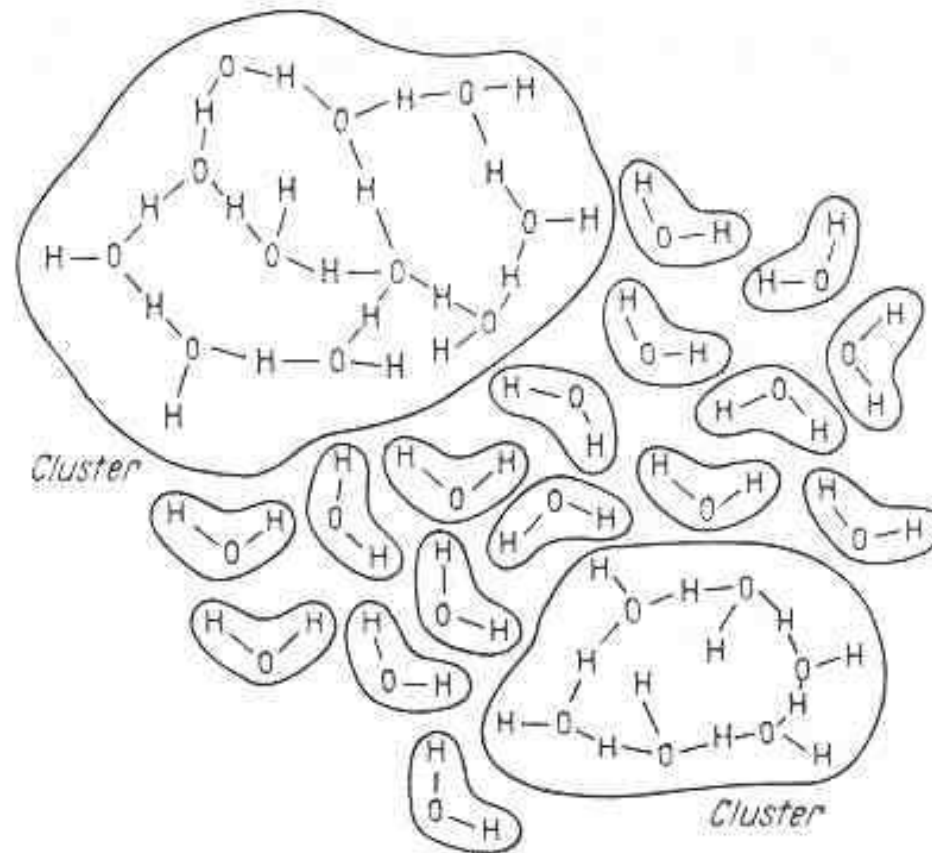
Voda základ života na Zemi

	Led	Voda při 0 °C
hustota v 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 m.s^{-1}	3 300	1 500

Voda základ života na Zemi

hustota maximální (při 3,94 °C) v kg.m^{-3}	1 000,000
hustota při 25 °C v kg.m^{-3}	997,075
dynamická viskozita (při 25 °C) v 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 J.g^{-1}	333,7
měrné skupenské teplo varu v 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 N.m^{-1}	$71,97.10^{-3}$
relativní permitivita (při 25 °C)	78,54

Voda základ života na Zemi

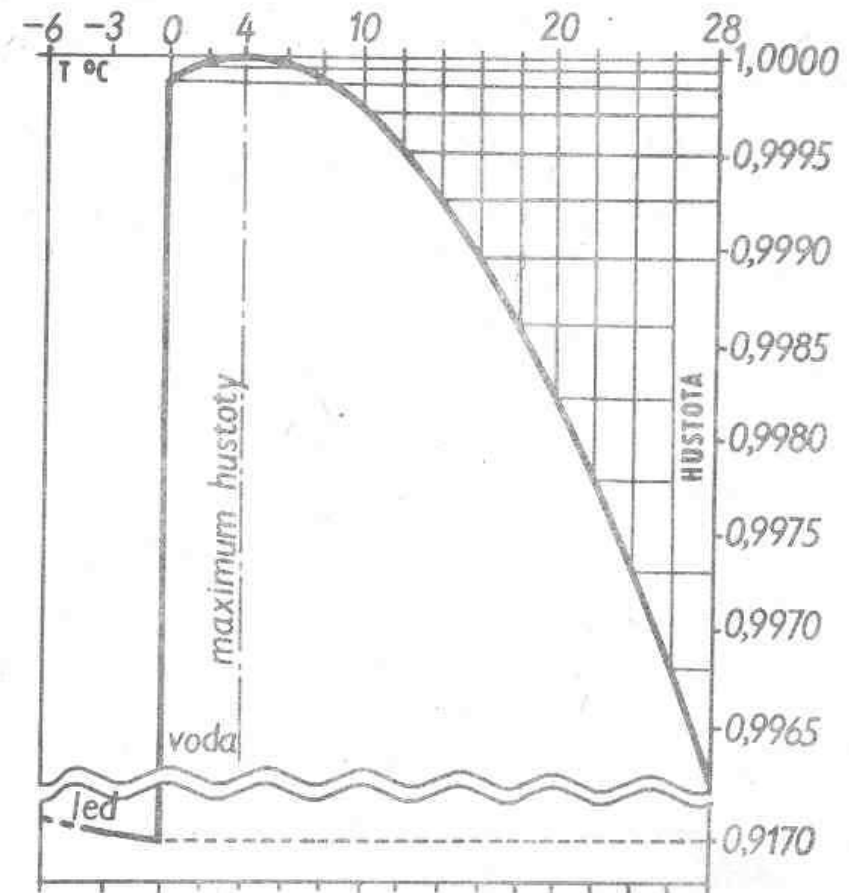


Hustota vody

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 ⁻¹	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



Obn. 2

Viskozita (dynamická) vody

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

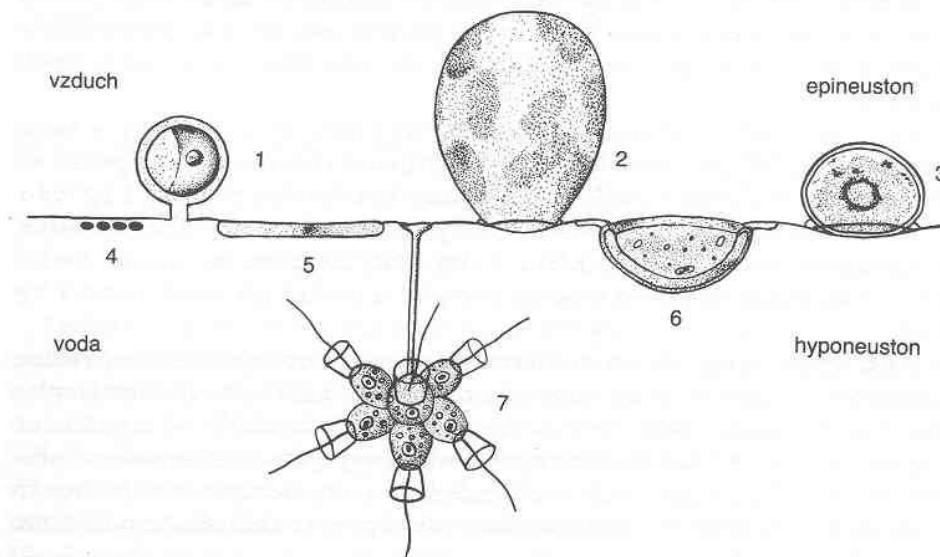
Teplota ve °C	Dynamická viskozita v Pa . s ⁻¹ . 10 ⁻³	%	Kinematická viskozita v m ² . s ⁻¹ . 10 ⁻⁶
0	1,787	100,0	1,771
5	1,561	84,8	1,561
10	1,306	78,7	1,304
15	1,138	63,7	1,139
20	1,002	56,0	1,004
25	0,890	49,8	0,892

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



4. Ukázka příslušníků neustonních organismů. Epineuston: 1 *Chromatophyton rosanoffi*, 2 *Botrydiopsis arhiza*, 3 *Neustococcus emersus*. Hyponeuston: 4 *Lampropedia hyalina*, 5 *Navicula* sp., 6 *Codonosiga botrytis*, 7 *Arcella* sp. (podle Ruttnera, 1962)

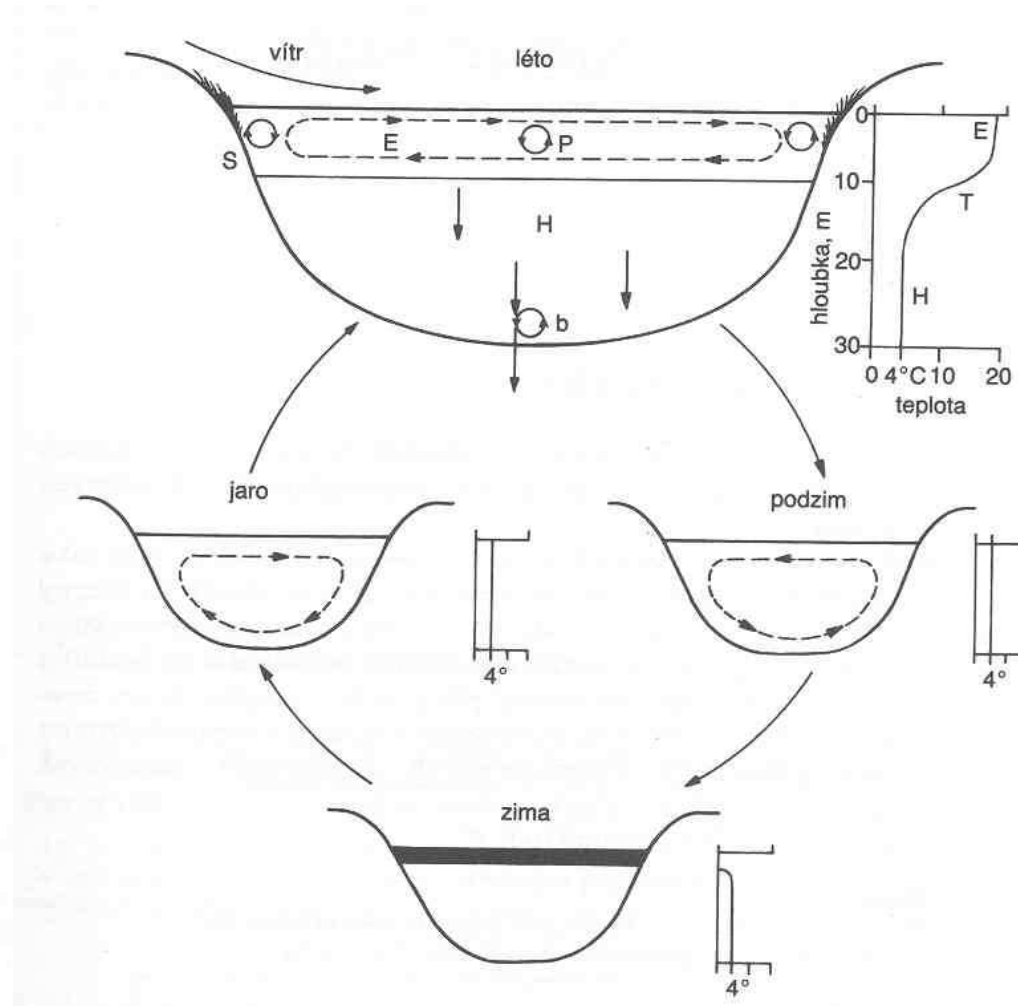
Tepelné vlastnosti vody

- 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 cirkannulárních výkyvů
 - veškerý přenos pohybem vody a předáváním
 - teplotní stratifikace

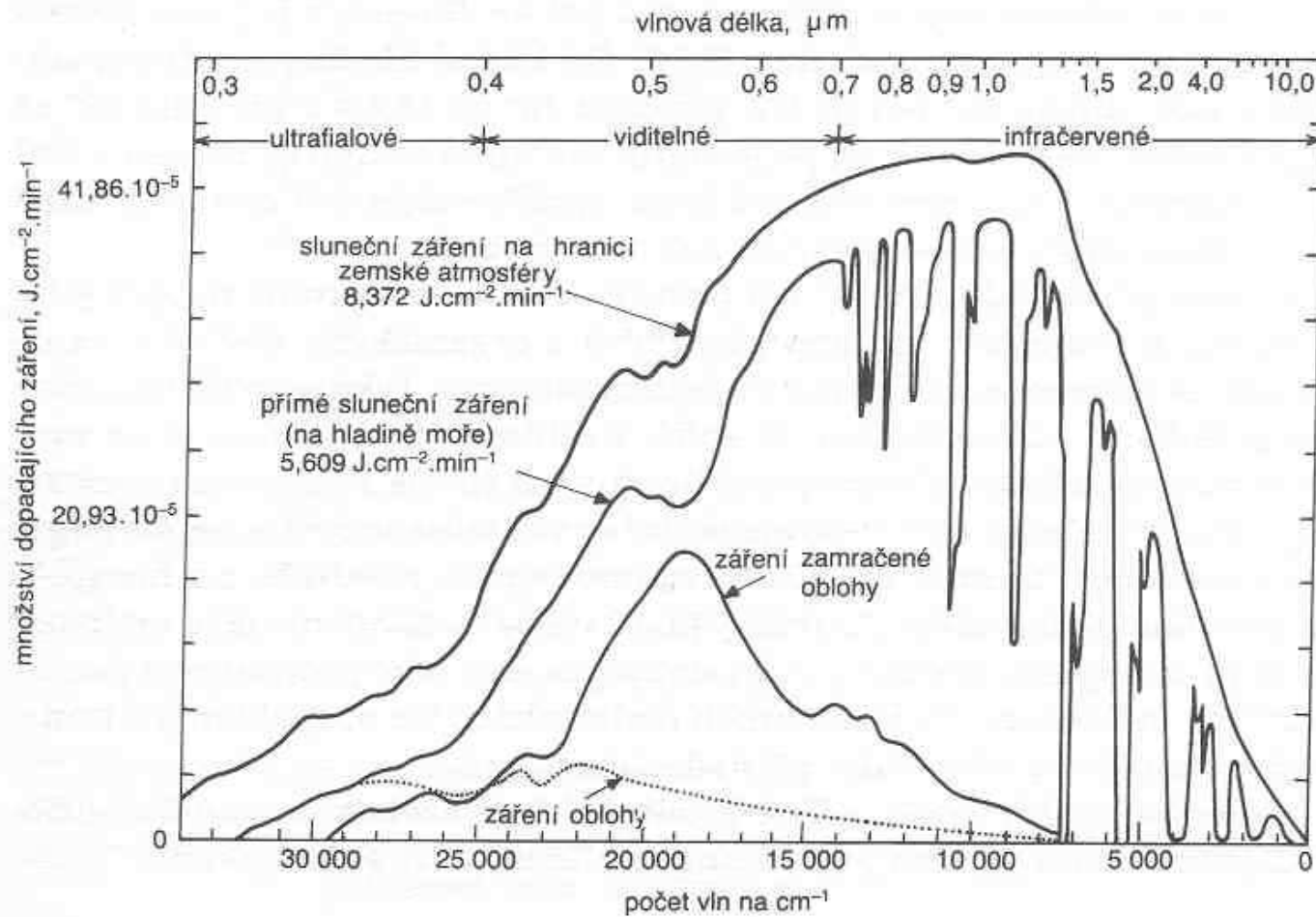
Tepelný režim vod

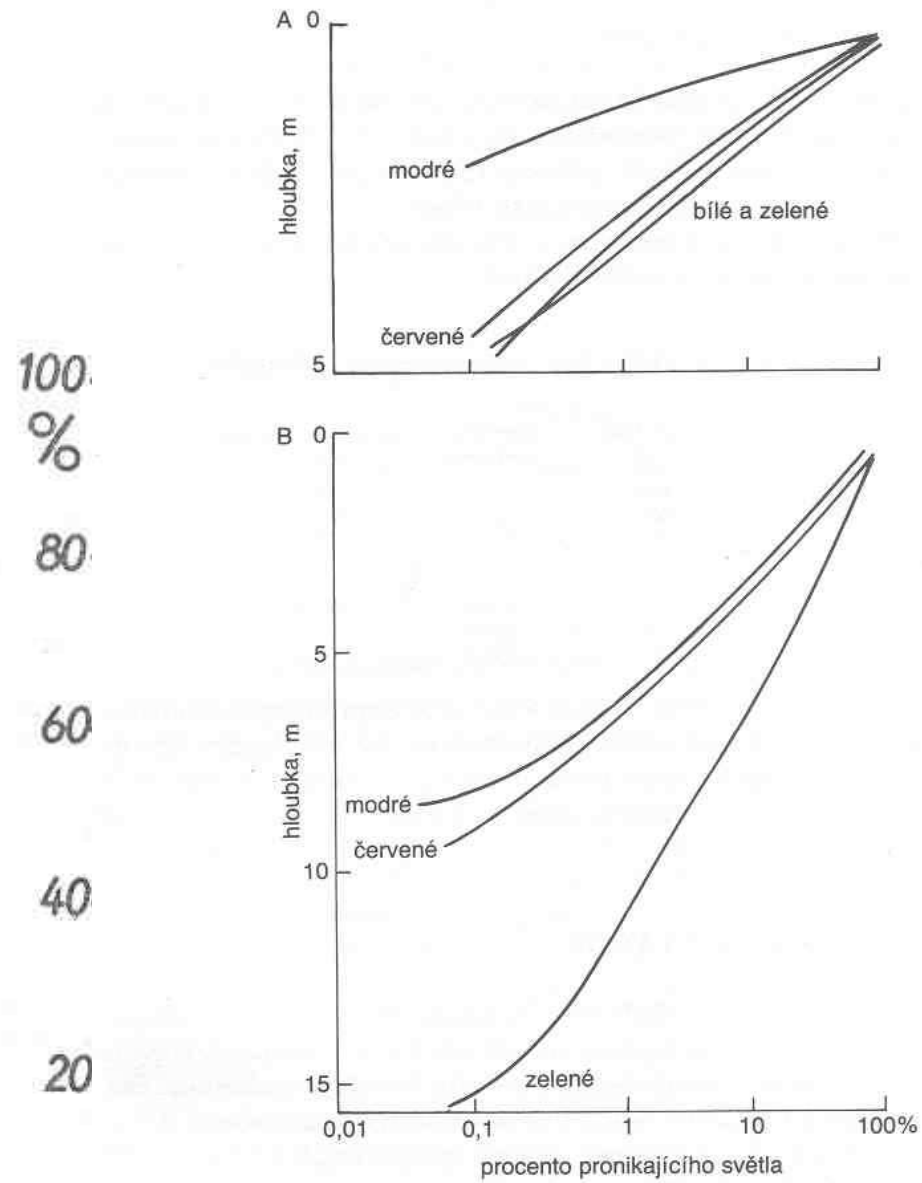
- Zdroje tepla
 - Sluneční radiace
 - Geotermální zdroj
 - Antropický faktor
- Ztráty tepla
 - Vyzařování
 - Výparné (skupenské) teplo
 - Odvod tepla do terestických systémů
 - Odtok oteplené vody ze systému

Tepelný režim vod



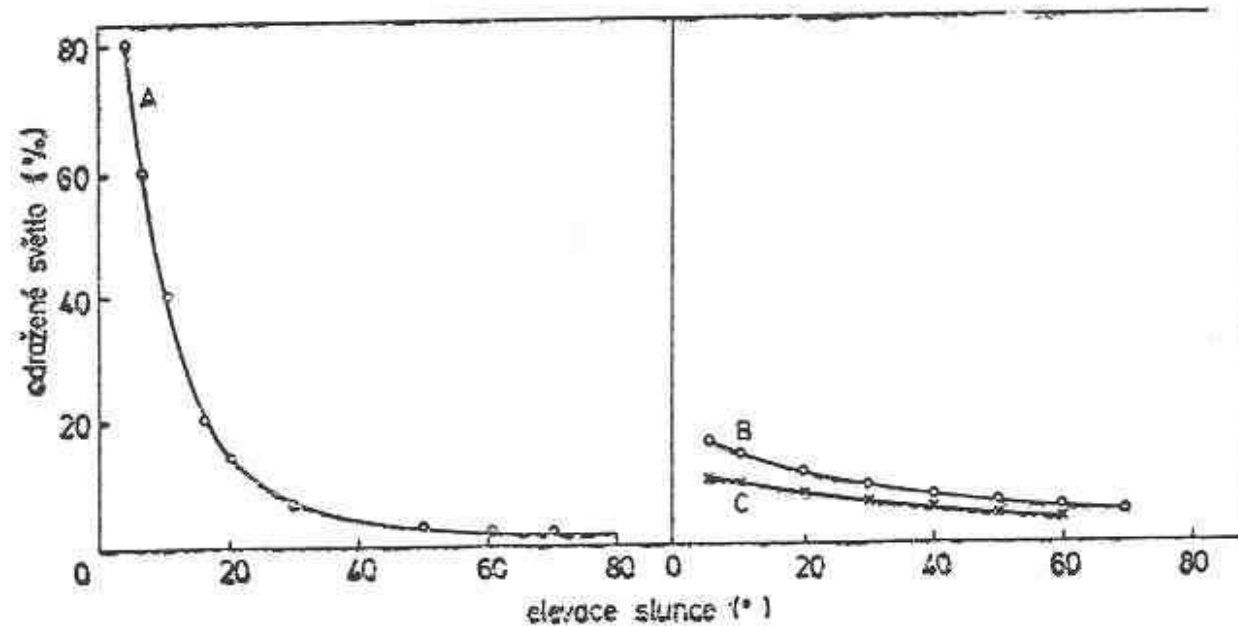
Záření a voda





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



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

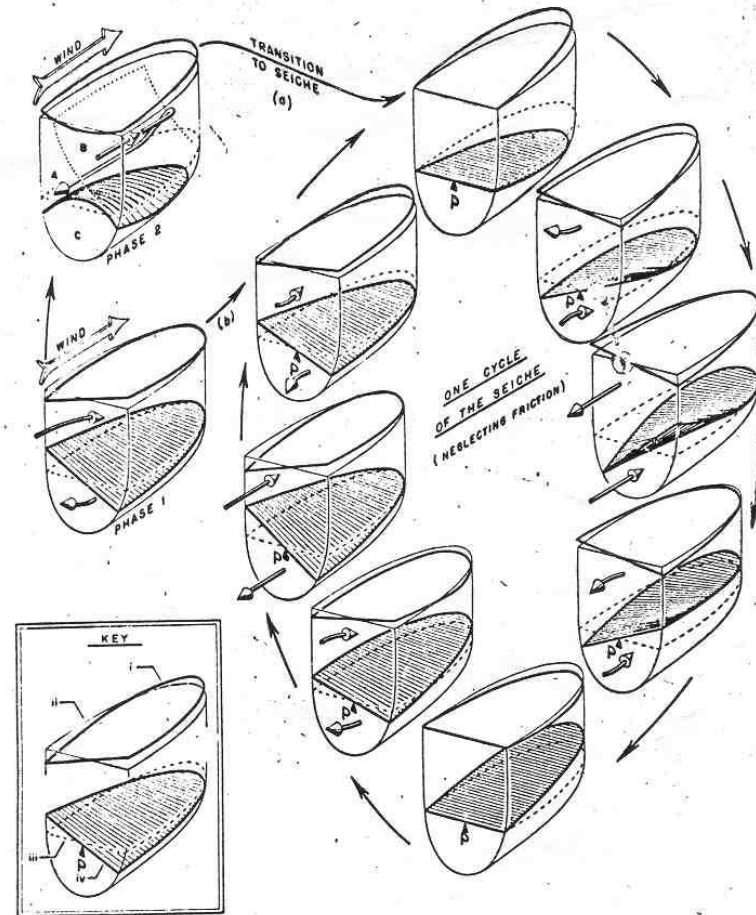
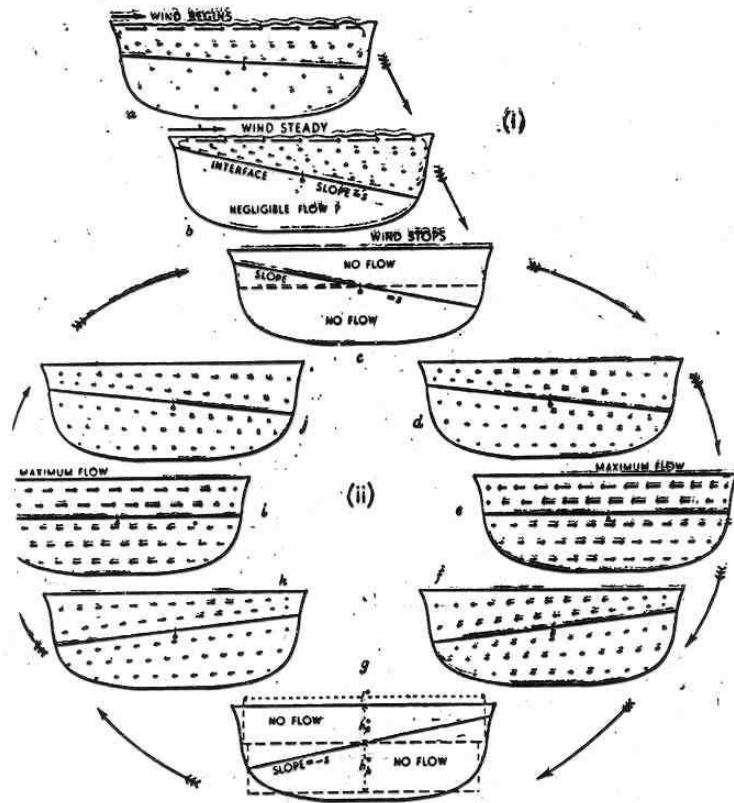
Záření a voda

- 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

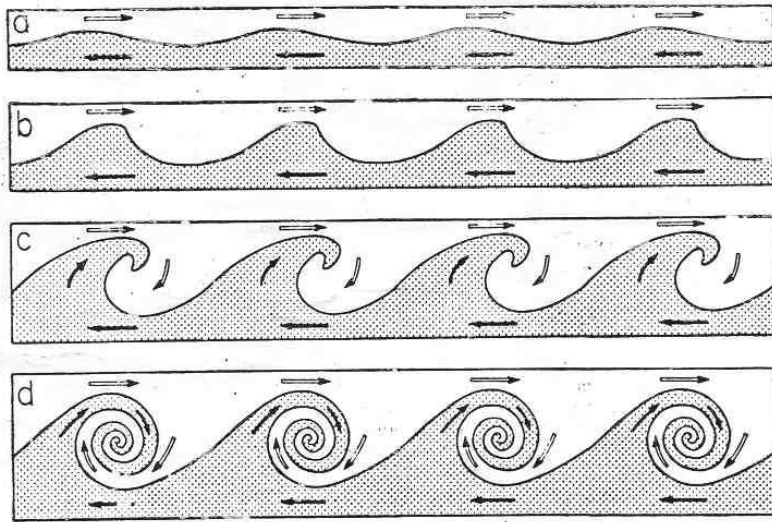


Figure 7-1 Stages in vortex formation during shear instability on the interface of a stratified two-layer system. (From Mortimer, C. H.; Mitteilungen Int. Ver. Limnol., 20:131, 1974.)

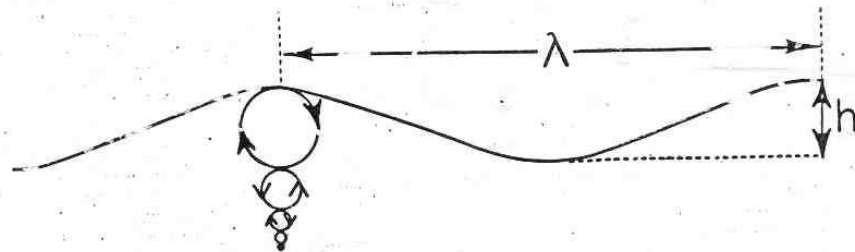


Figure 7-3 Surface wave indicating wavelength (λ), height (h), and attenuation of amplitude ($h/2$, the displacement positive or negative from the equilibrium in a sinusoidal wave) of the cycloid movement with depth.

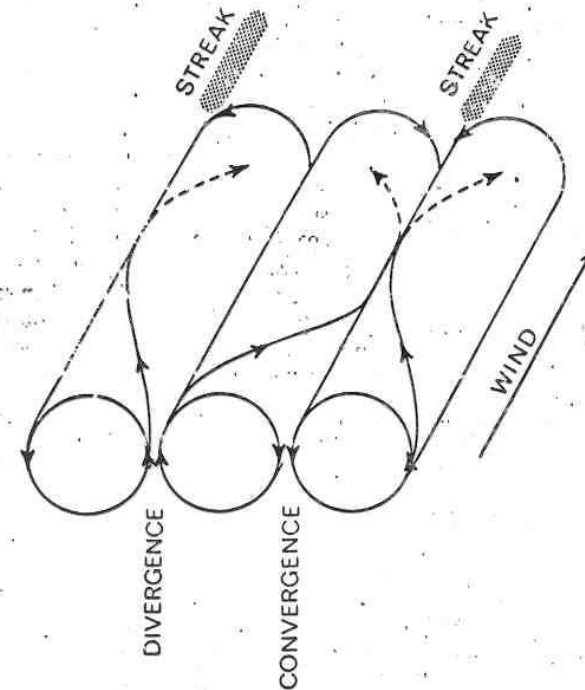


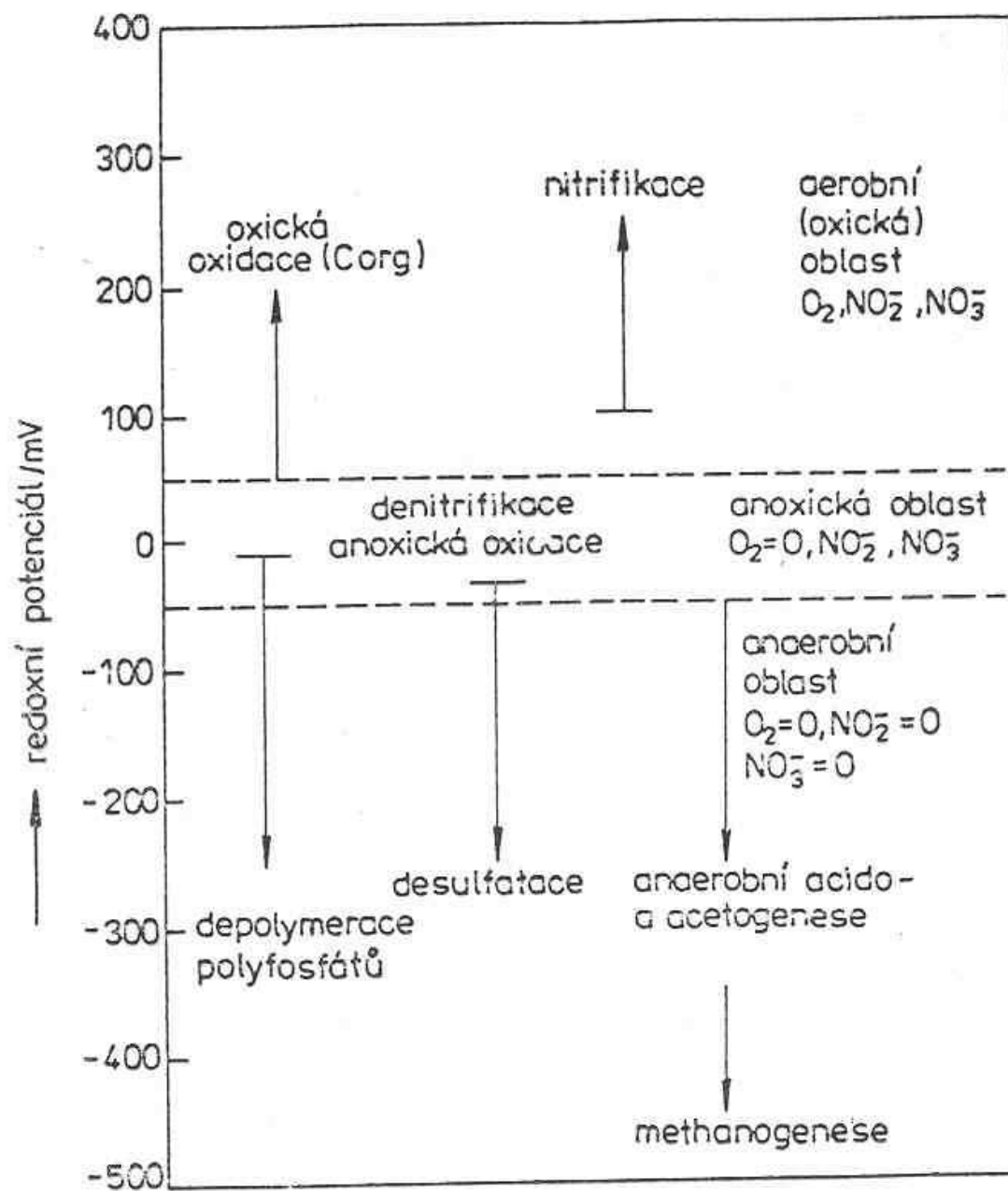
Figure 7-6 Diagrammatic representation of the helical flow of Langmuir currents in surface waters with aggregation of organic matter between streaks at the lines of divergence.

Další fyzikální vlastnosti vody

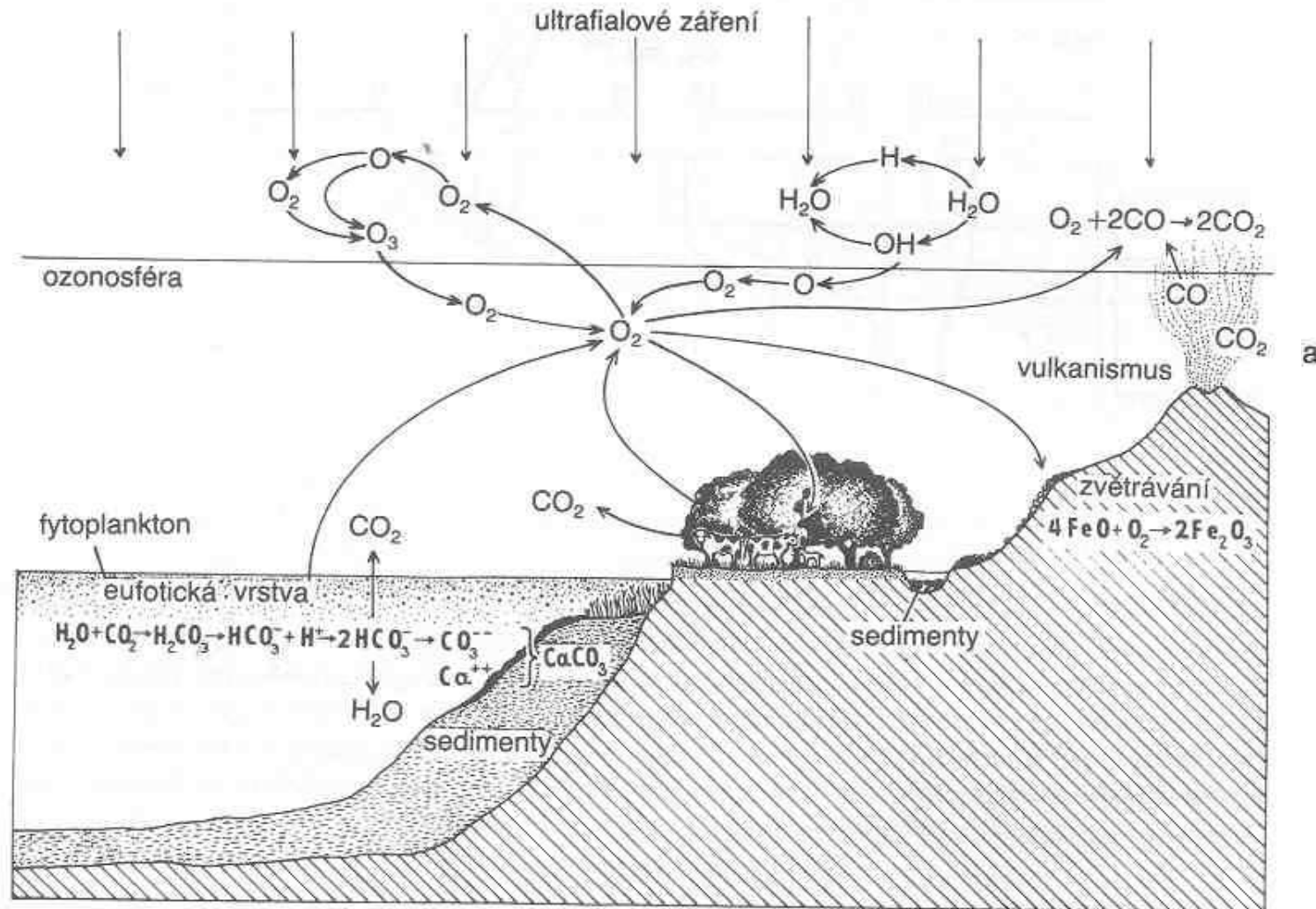
- Hydrostatický tlak
- Vodivost vody
- Redox potenciál
- pH

K

)



Koloběh kyslíku



a

)
us

R
D
tr
K

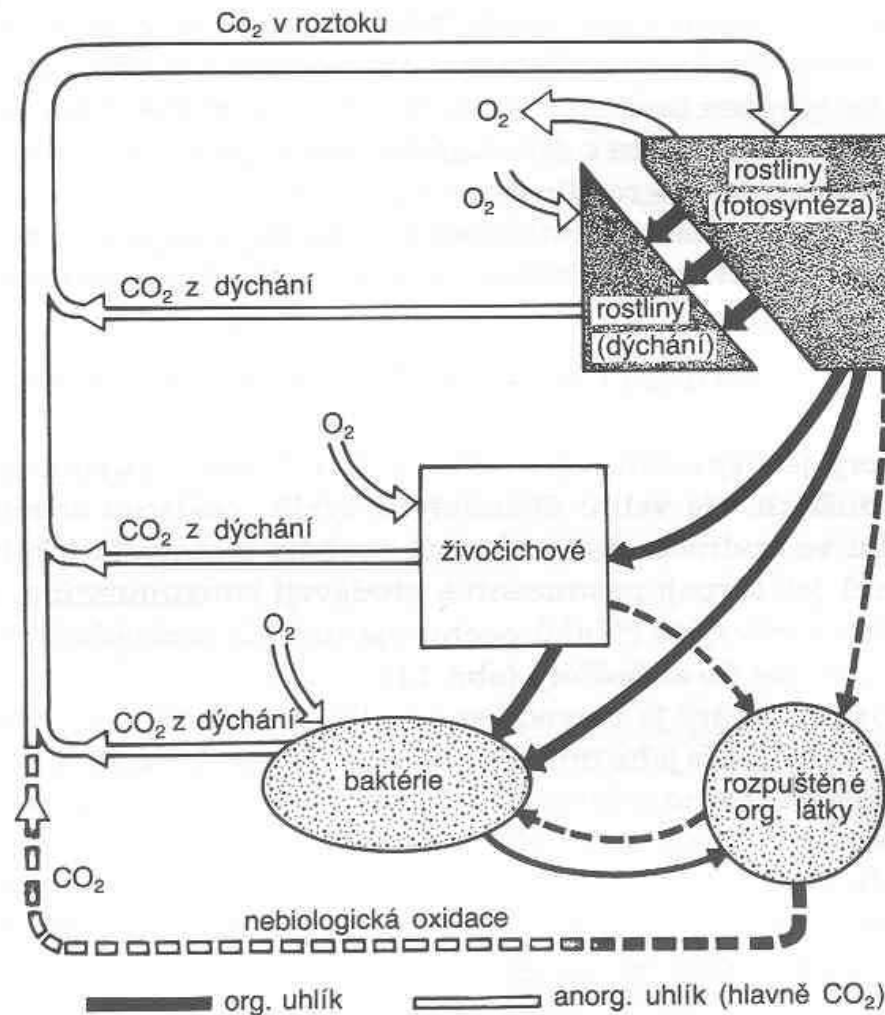
Kyslíkový režim

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

Koloběh uhlíku

- Hlavn
- 200x 1
- stanov

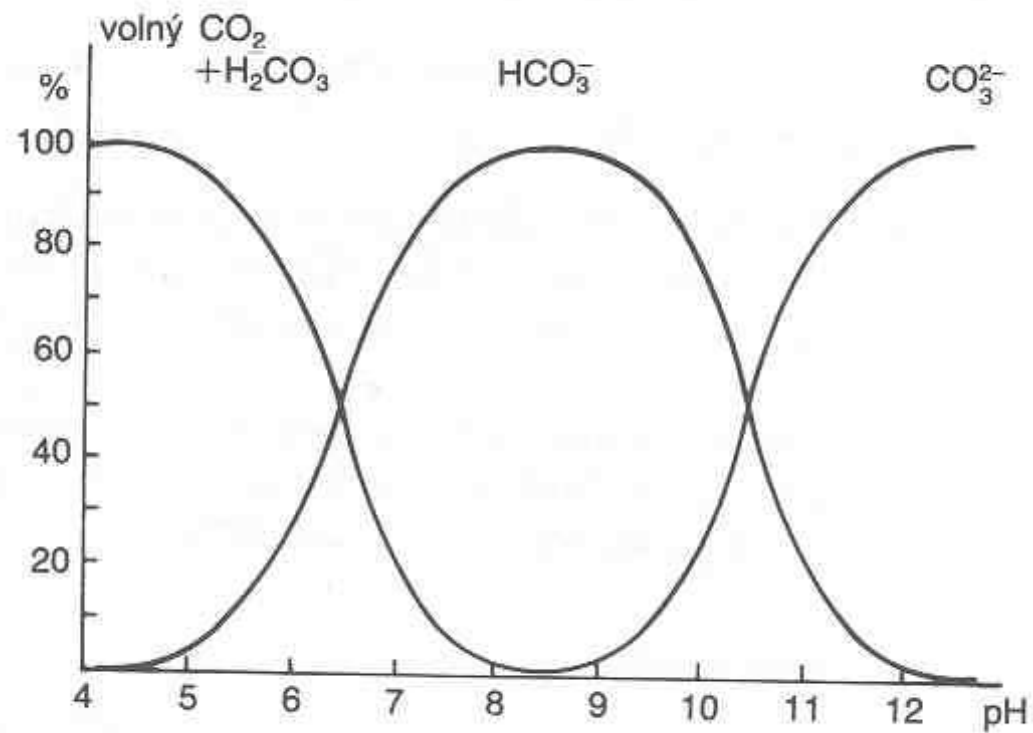
obsah
(mg .



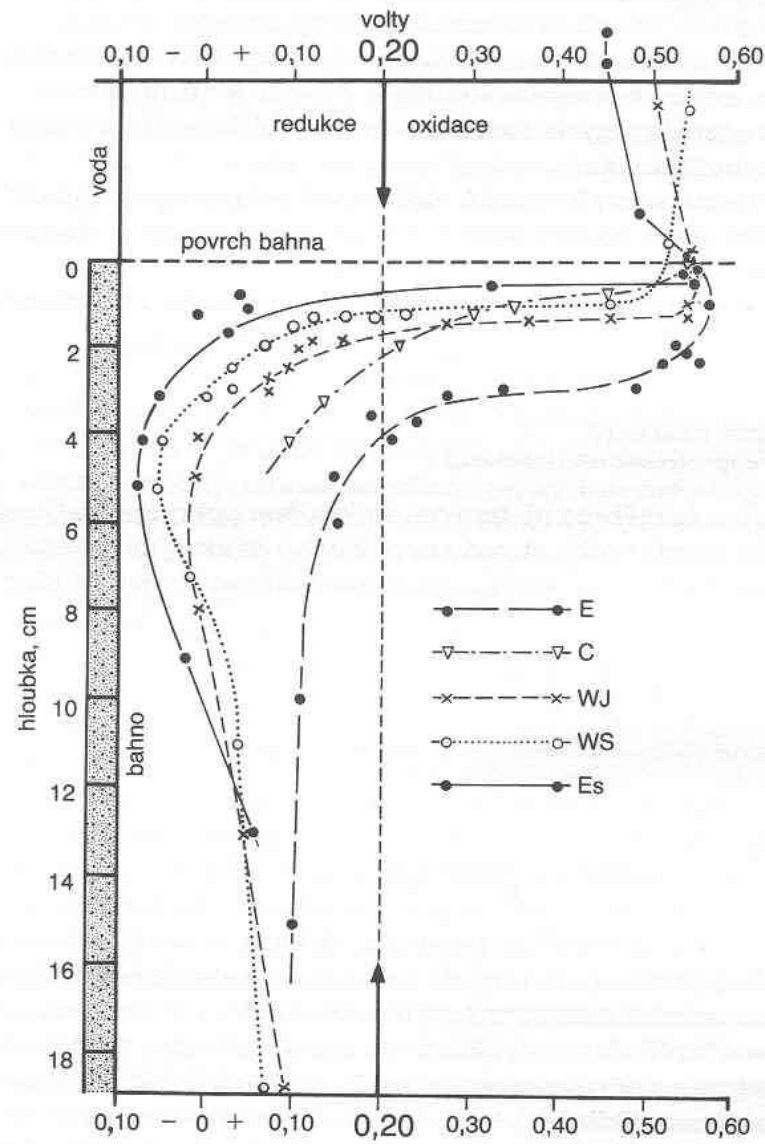
mg/l

}

Hydrogen – uhličitanový systém



- pH
 - Ústoj
 - Příroč
 - Závis
 - Ac
- rH – re
 - Míra

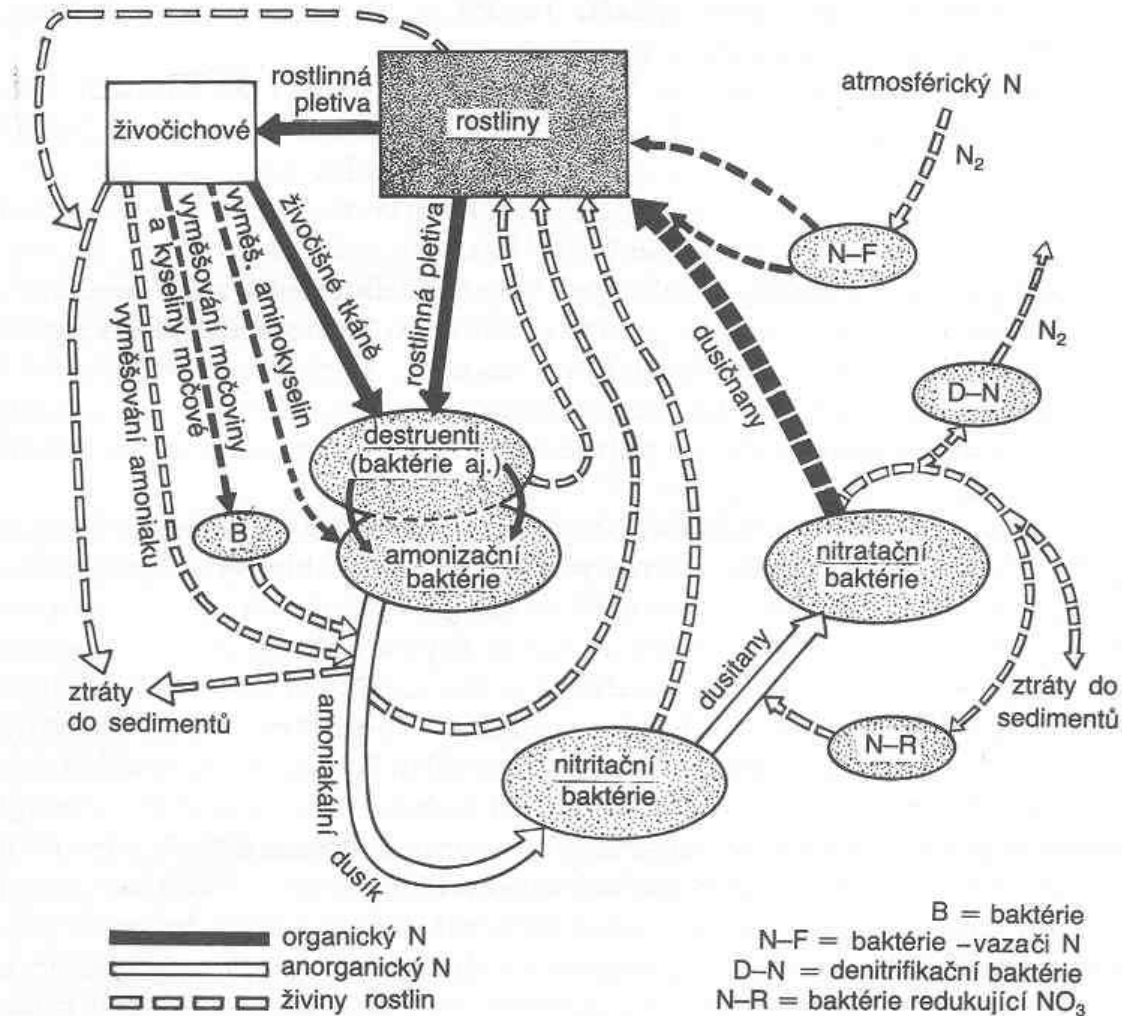


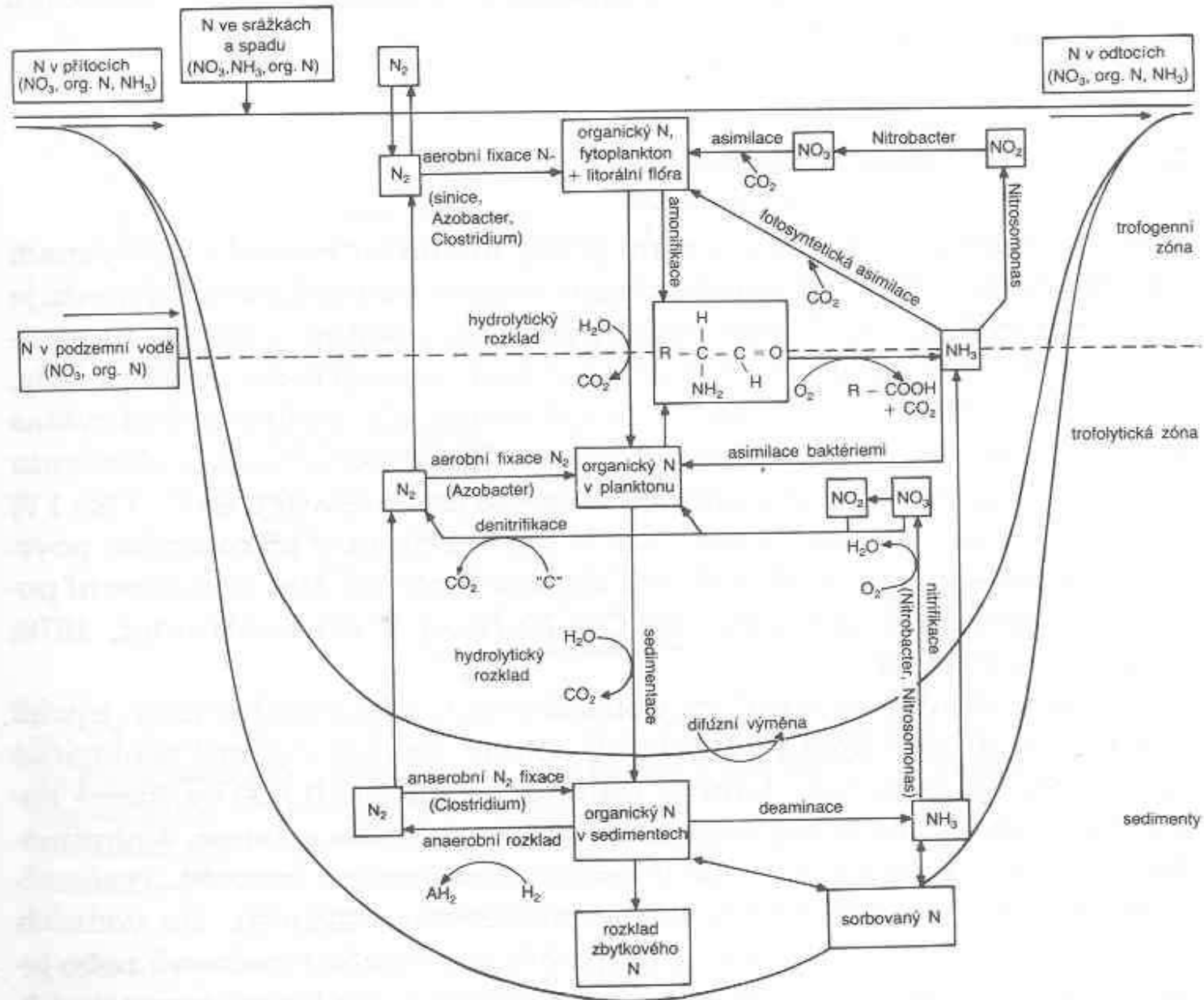
é kyseliny

Živinový režim

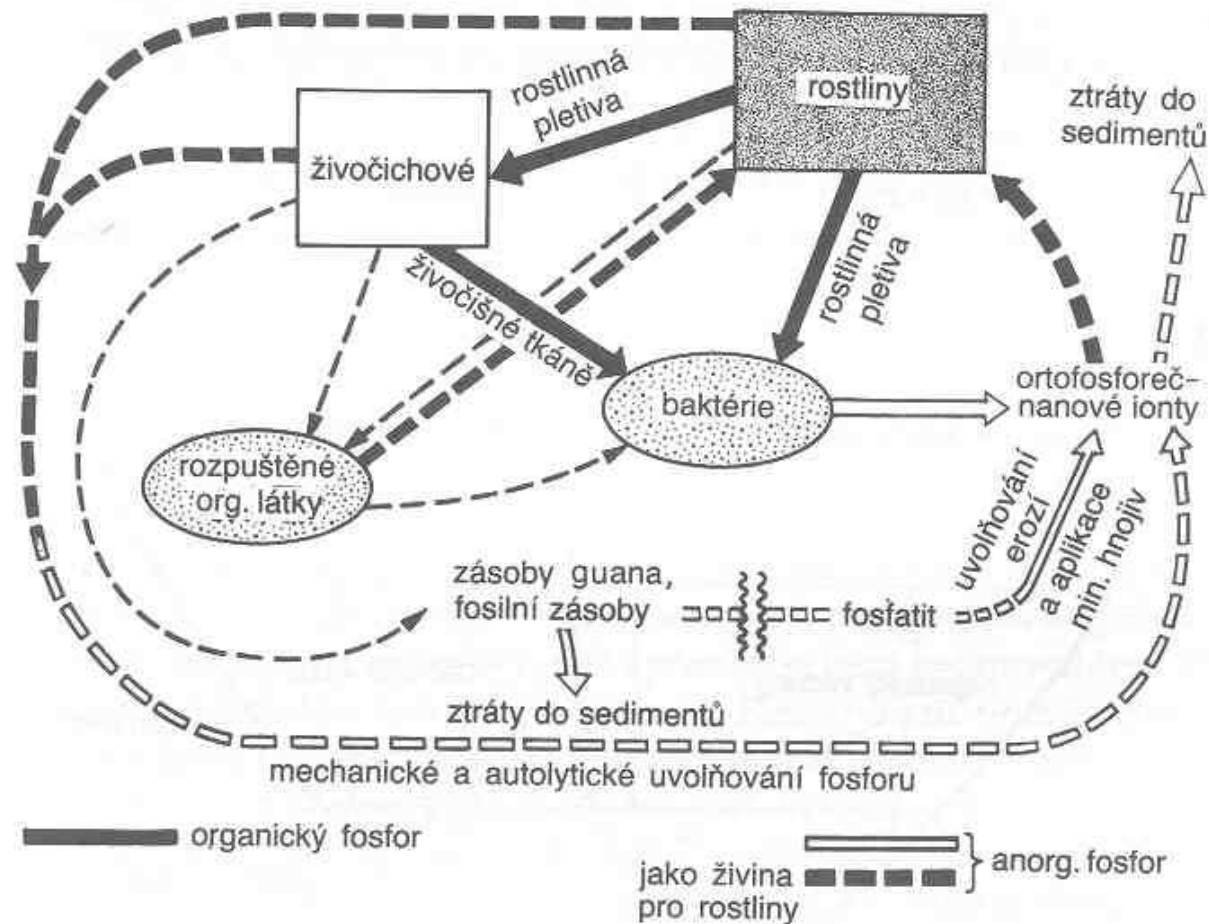
- Hlavní živiny – N, P, K
 - Poměr 600C : 20N : 1P
 - Biodostupné formy
- Esenciální živiny
 - Ca, Mg, Fe, Mn, Si
- Síra a sulfan

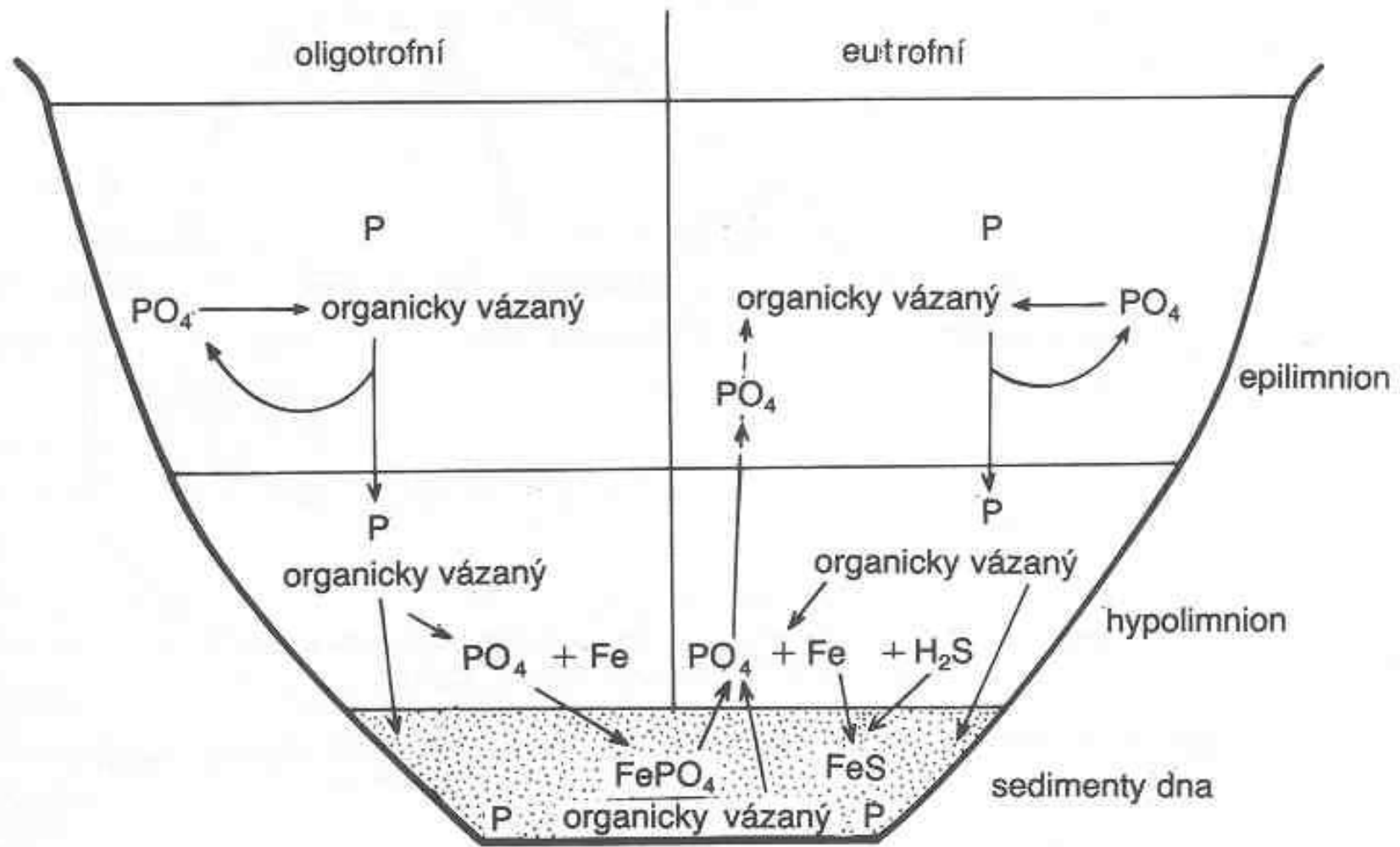
Koloběh dusíku



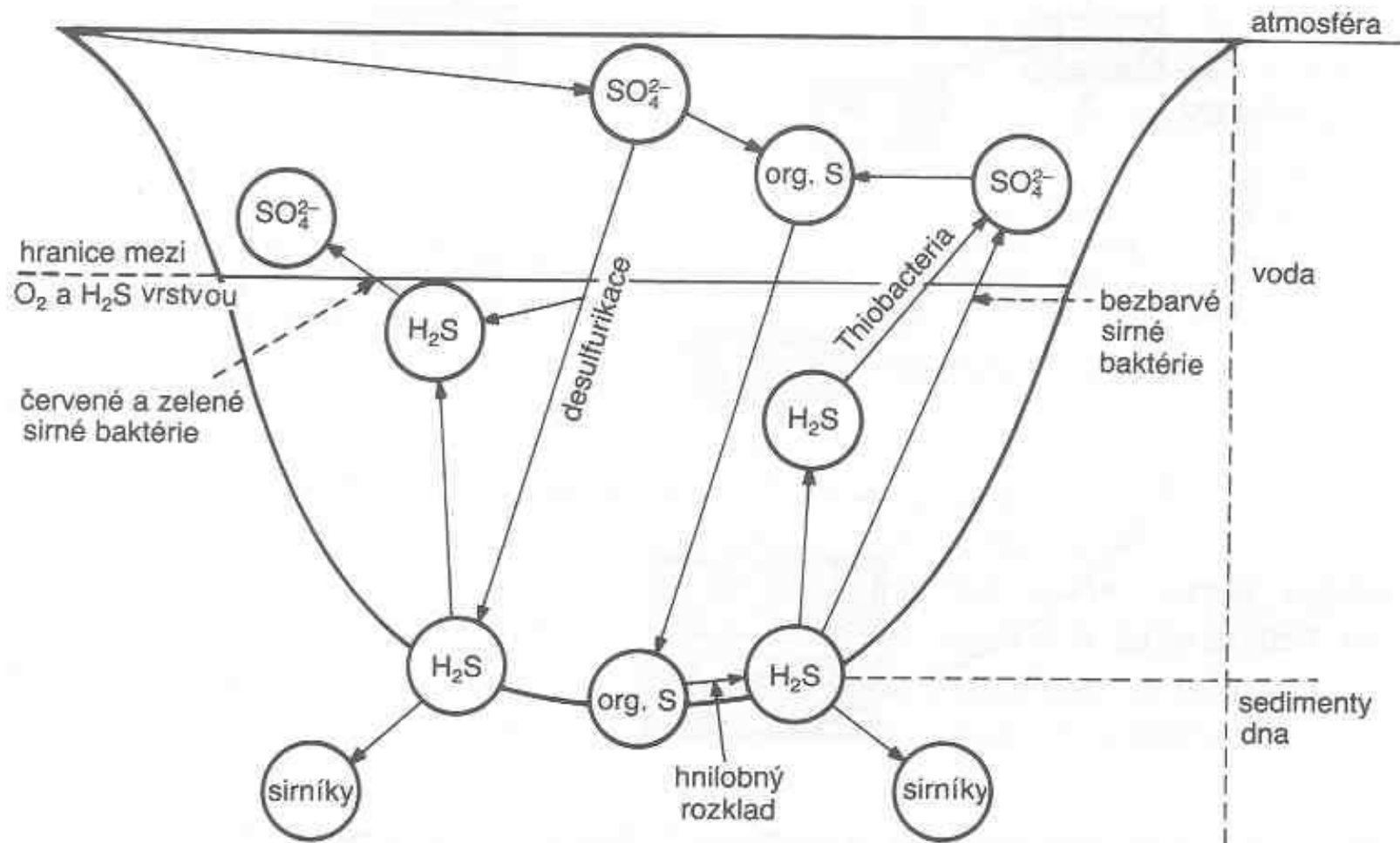


Koloběh fosforu





Koloběh síry



Organické látky (organic matter)

- Základní formy
 - Rozpuštěné – DOM
 - Koloidní – COM
 - Partikulované – POM
- POM – velikostní kategorie
 - Hrubé – CPOM větší 1mm
 - Jemné – FPOM do 500 μm
 - 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)

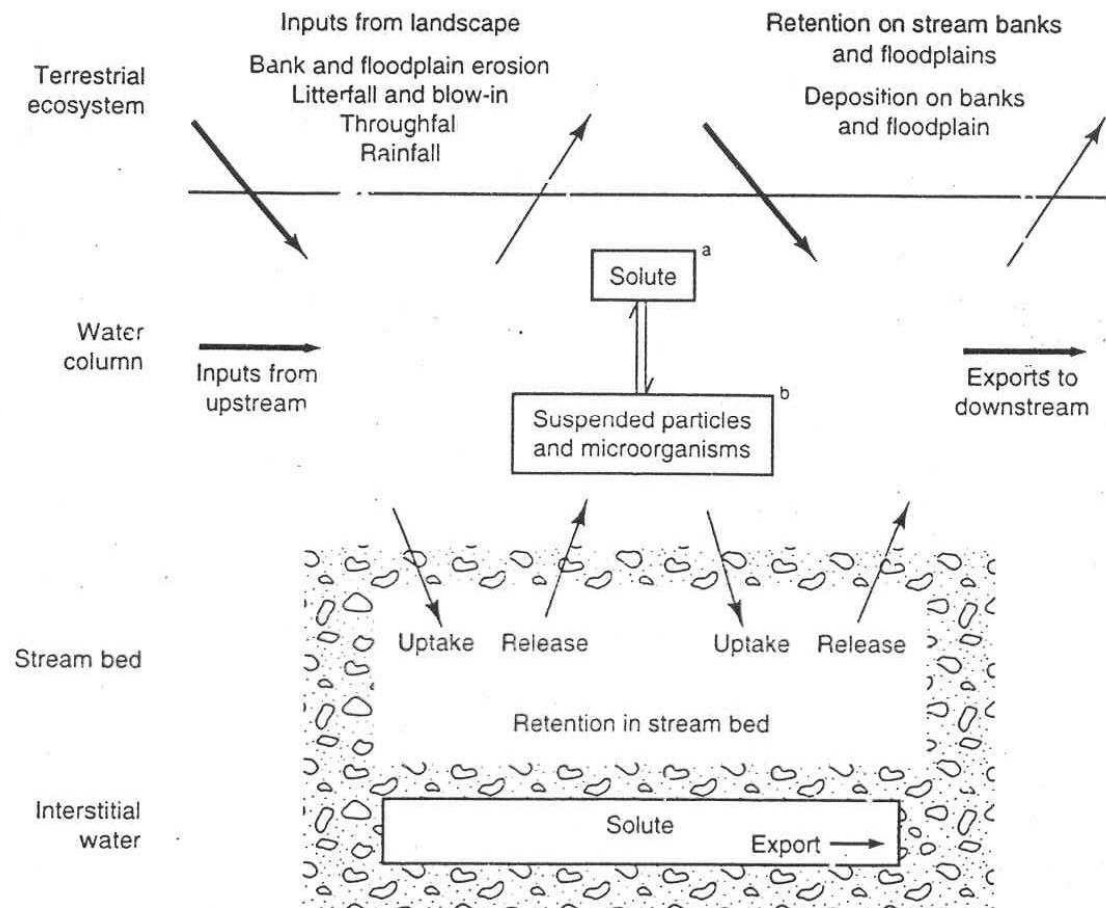
Particulate inorganic phosphorus (PIP)

} Total
dissolved
phosphorus
(TDP)

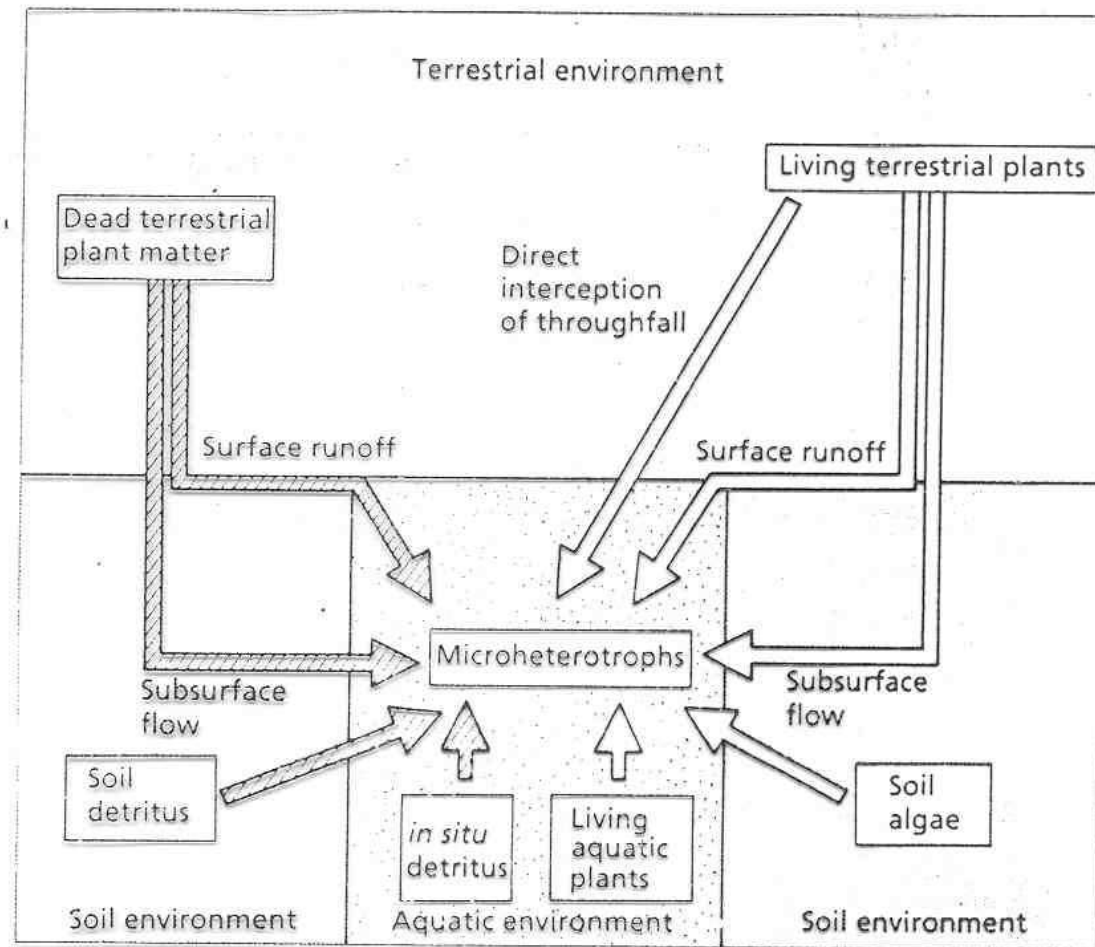
} Total
phosphorus

Koloběh živin

Nutrient dynamics



Koloběh živin

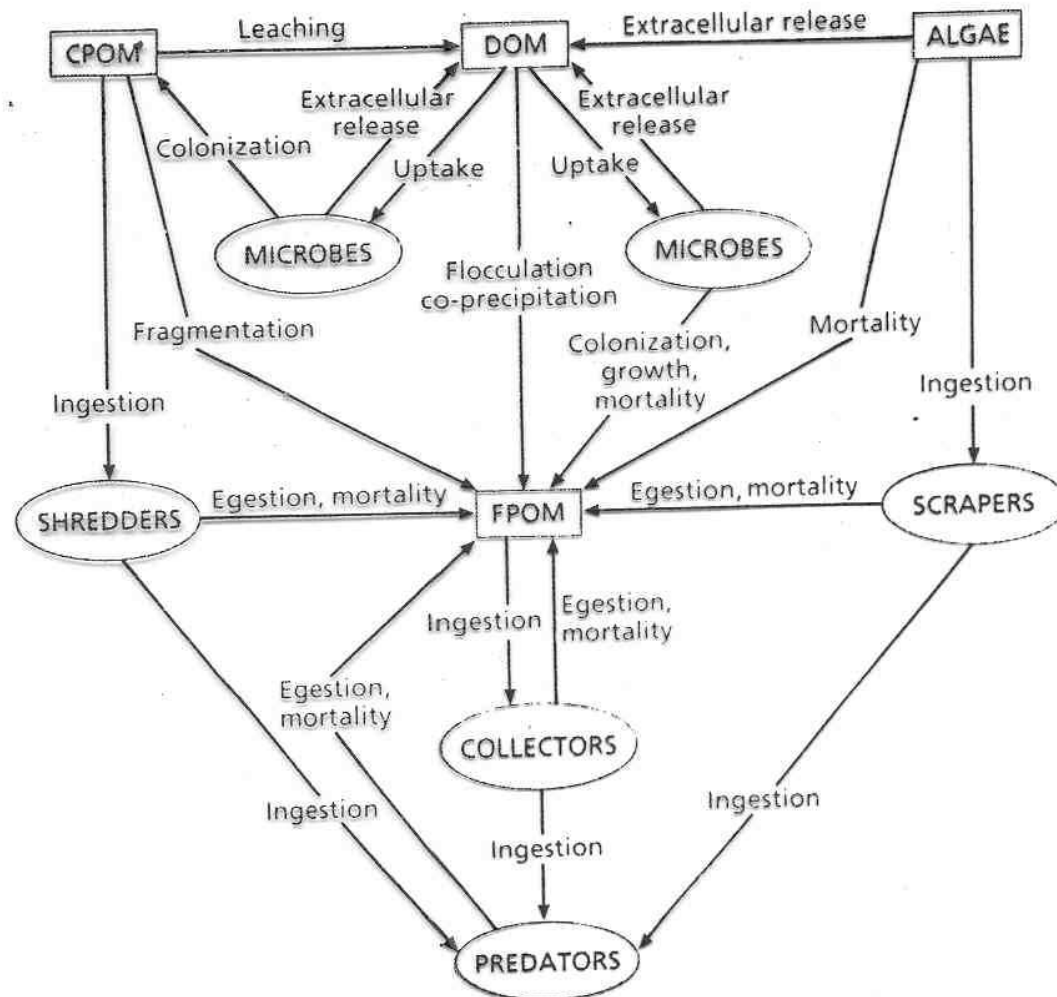


Nutrient dynamics

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 mg l^{-1} . (Sources: Golterman, 1975; Whitton, 1975b; Sioli, 1984)

	$\text{PO}_4\text{-P}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
Temperate rivers, receiving various amounts of anthropogenic inputs			
Glama (Norway)	0.002-0.008	- ^a	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
Tropical rivers, generally less influenced by human activities			
<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)

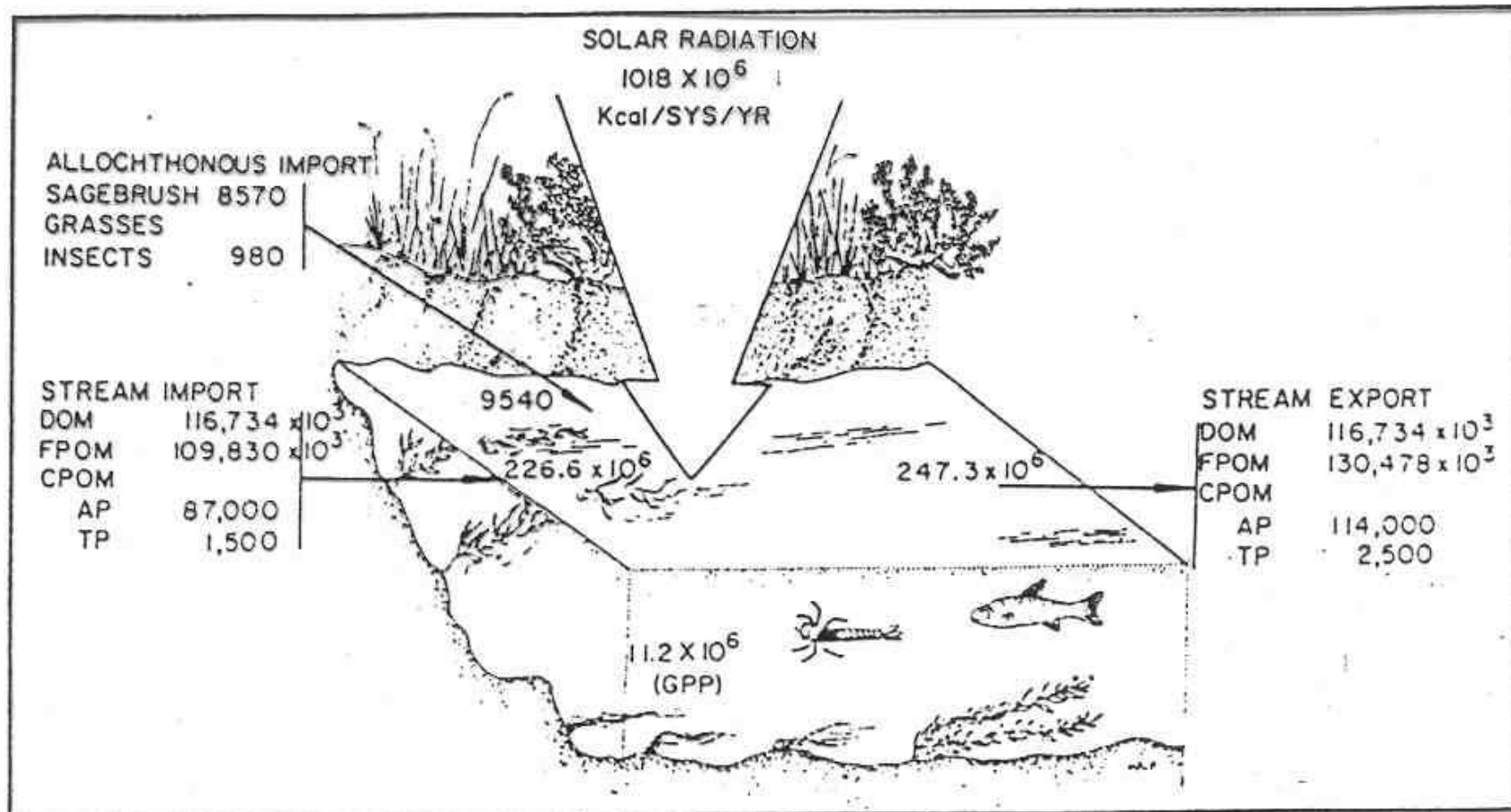
Organismy dle zdroje energie

TABLE 4.1

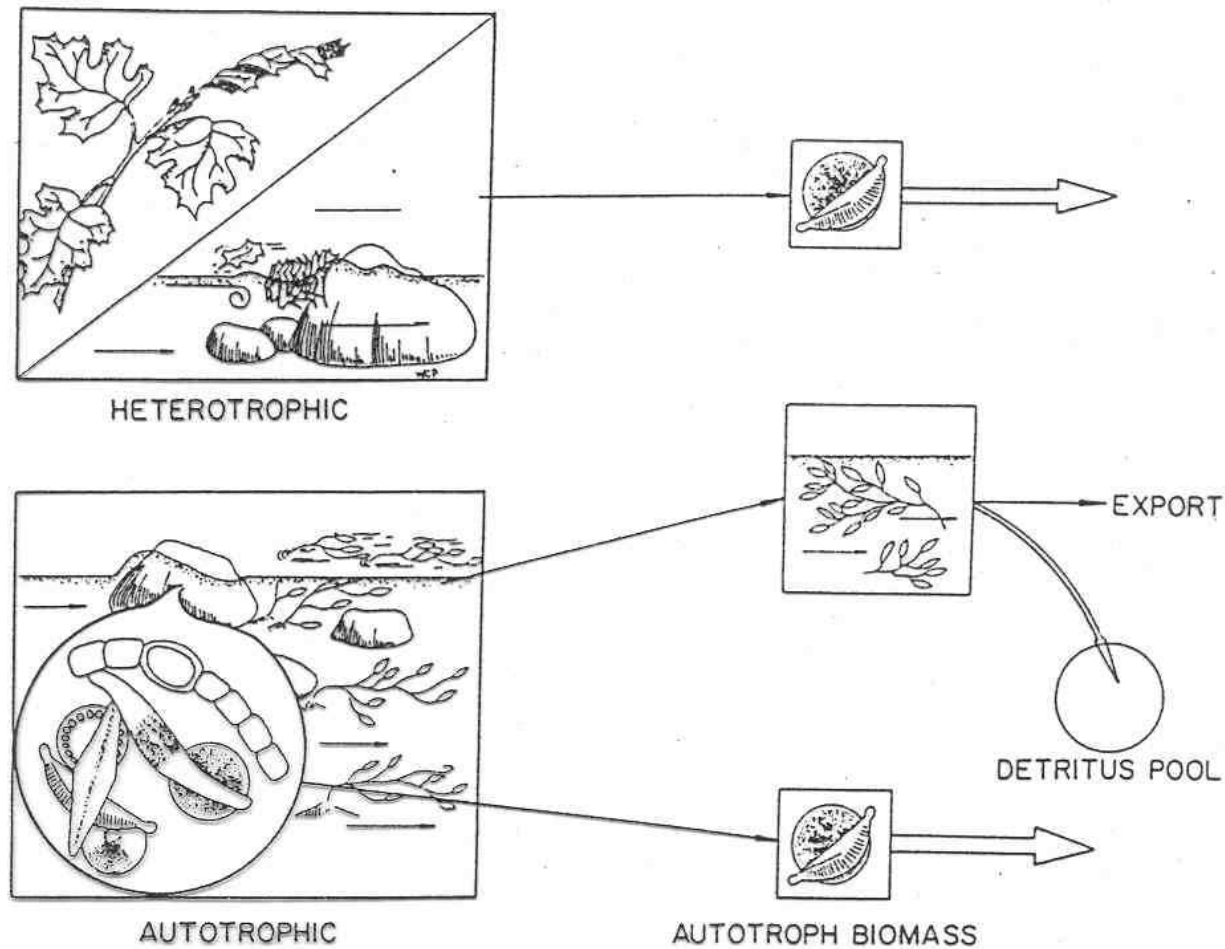
Nutritional types of organisms and the primary resources used for obtaining energy and synthesizing biomass (POC = particulate organic carbon, DOC = dissolved organic carbon).

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

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^a

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 × 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

^aAll 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

