

# EKOLOGIE MIKROORGANISMŮ

## 3

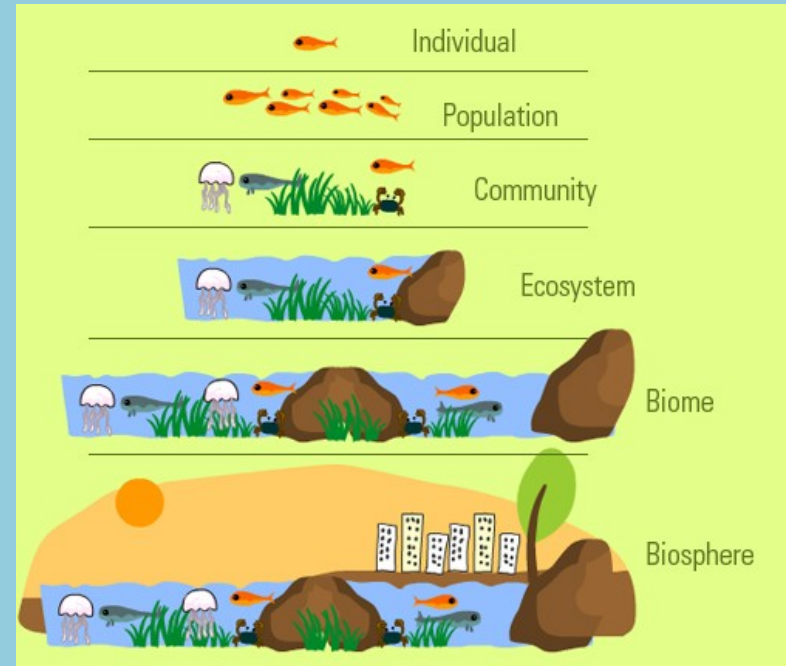
Habitaty mikroorganismů

# Stupně organizace živé hmoty

- **Organismus** – jedinec, zástupce daného druhu
- **Populace** – zástupci jednoho druhu žijící na určitém místě
- **Společenství**- druhy žijící na určitém místě

**gilda** – skupiny druhů organismů, které využívají stejné zdroje (zejména potravní), např. bezobratlí potravně vázaní na dub, společenstva velkých býložravých savců, či společenstva velkých savčích predátorů

- **Biocenóza** – soubor/společenství populací všech druhů
- žijících na určitém prostoru - biotopu –
- se všemi vzájemnými vazbami
- -živá část ekosystému schopná autoregulace
- (mikrobiální společenstvo)



## **Biotop**

- jednotné prostředí poskytující životní prostor pro specifické společenství organismů (bio- život, topos – místo)
- společné prostředí určitých složek biocenózy, tedy soubor všech vlivů, které vytvářejí životní prostředí všech zde žijících organismů (např. biotop přehradní nádrže)
- **habitat** nebo stanoviště, abiotické (neživé) prostředí, ovlivněné a pozměněné živou složkou přírody

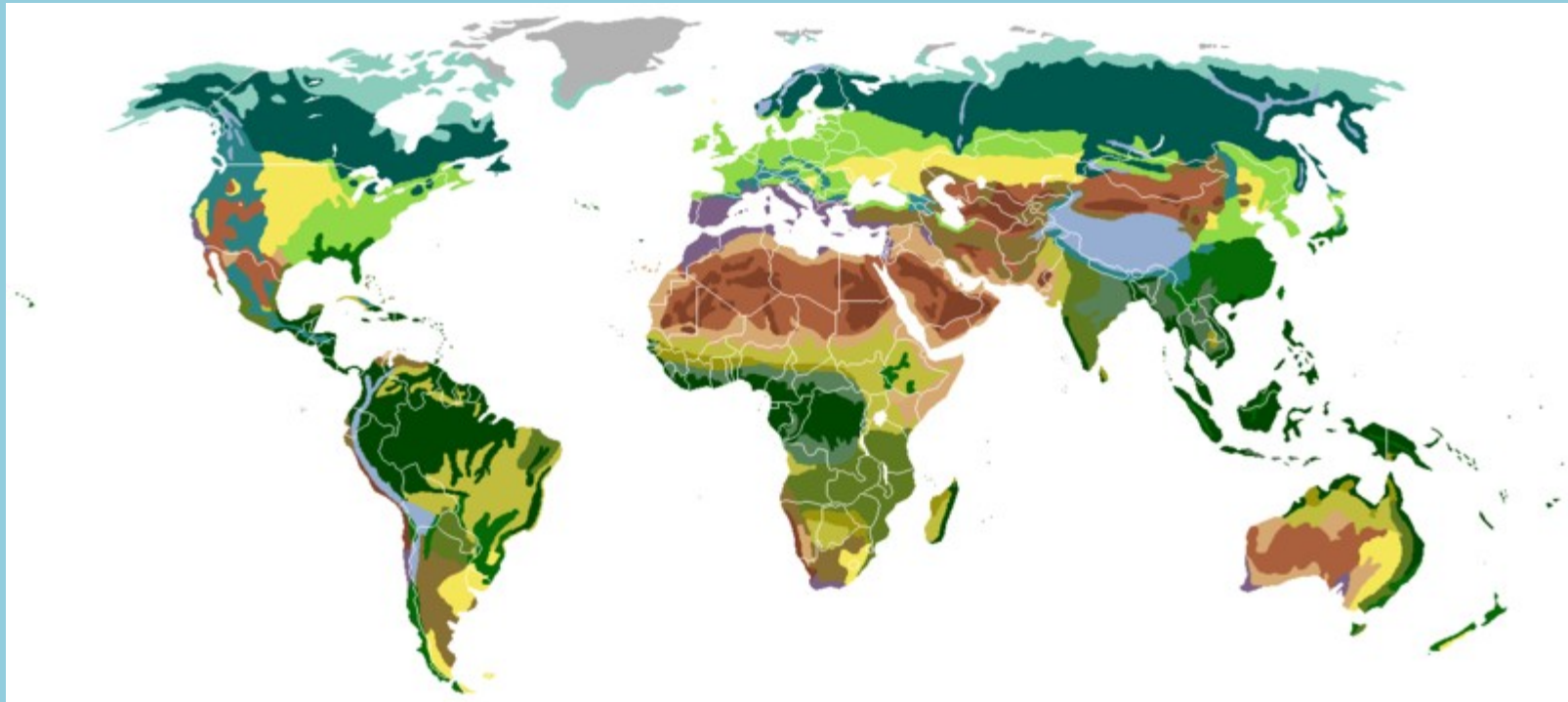
**Ekosystém** – tvořený biocenózou + biotopem - dynamický systém – neustálá výměna hmoty a energie

**Biom** – společenstvo organismů osidlující velké celky a ovlivňované

- makroklimatem (step, poušť, savana...)
- část biosféry charakterizovaná určitým typem biotických a abiotických podmínek

## **Biosféra**

- největší heterogenní systém živých organismů na Zemi
- část Země, kde se vyskytují nějaké formy života



# Toleranční rozsah – ekologická amplituda

- každý (mikrobiální) druh roste a množí se v určitém definovaném spektru
- vnější podmínky
- abiotické faktory – teplota, obsah vody, intenzita světla, pH, osmotický
- tlak, salinita, redox potenciál, hydrostat. tlak, toxiny
- extrémní prostředí – rychlejší evoluce mikroorganismů

## Abiotic and Biotic factors that influence ecosystems

### Abiotic

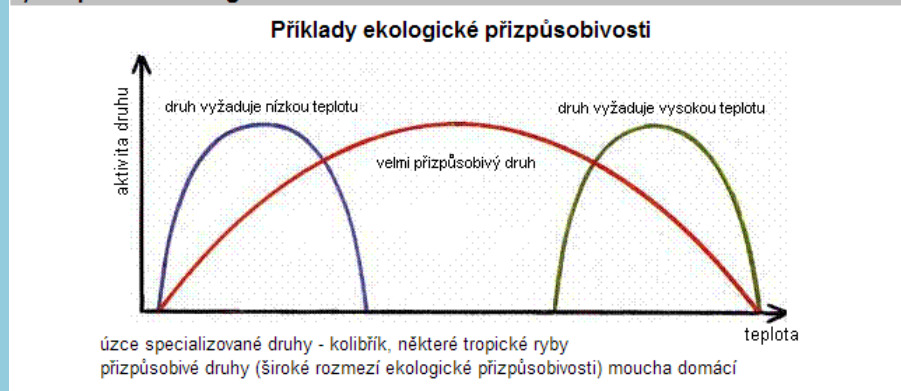
- Air (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, etc)
- Water
- Light
- Wind
- Soil
- pH
- Temperature
- Salinity
- Humidity
- Inorganic nutrients (N, P)
- Etc.

### Biotic

- **Other organisms, so:**
- **Competition**
- **Predation**
- **Symbiosis**
  - Mutualism
  - Parasitism
- **Disease agents**

- **Ekologická amplituda** je míra tolerance organismu vůči vnějším podmínkám, že existuje určité optimum, pro které funguje organismus nejlépe
- minimum, optimum a maximum – není fixní – je ovlivněno vnějšími podmínkami (kompenzace jinými faktory)
- stenoekní org = obligátní , striktní – mající úzký toleranční rozsah
- euryekní....(termní) organismy = fakultativní – široký toleranční rozsah
- varianty nebo kmeny jednoho druhu se mohou lišit ve své toleranci nebo optimu u většiny faktorů – přirozená selekce – vznikají ekotypy
- toleranční rozsah pro klidové formy širší – také zde vliv vnějších podmínek

## 9) Přizpůsobivost organismů



Modifikovaný toleranční rozsah	Faktor měnící rozsah	Organismus
teplota	živiny CO <sub>2</sub> hydrostatický tlak NaCl pH toxiny	Ochromonas Neurospora Desulfovibrio Brevibacterium Mastigocladus Bacillus
přístupná voda	teplota NaCl pyridoxin	Pseudomonas Brevibacterium Neurospora
O <sub>2</sub>	tiamin kyselina nikotinová	Mucor Mucor

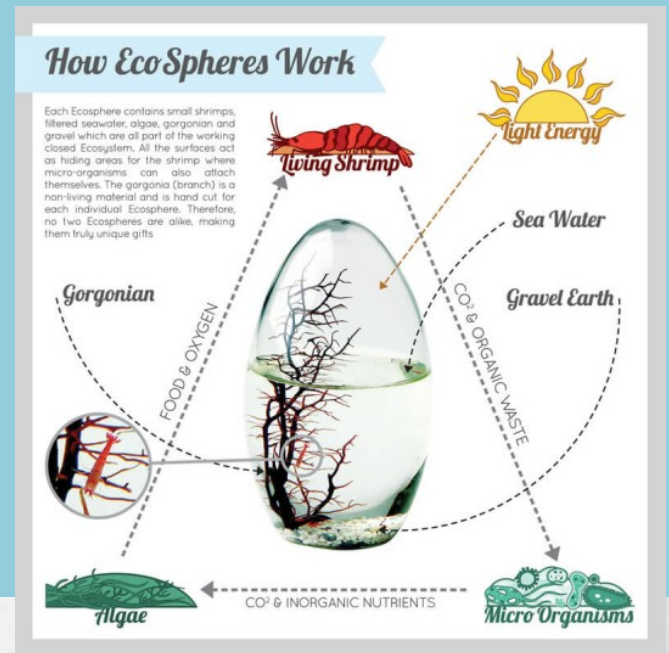
# Limitující faktory

- kontrolují distribuci nebo hustotu populace
- pH, teplota, osmotický a hydrostatický tlak, vlhkost, světlo, salinita, hydrostatický tlak, koncentrace kyslíku a živin
- různé působení na jeden organismus v různém prostředí
- kritický faktor složení společenstva
- kmeny *S. pneumoniae* neschopné růst při 41°C – neškodné pro králíka
- termotolerantní kmeny ale stále patogenní
- intenzita abiotických faktorů není konstatní - gradienty abiotických faktorů– distribuce organismů (gradienty)

Limitující faktor	Prostředí	Organismus
acidita	potraviny vagina půda půda	<i>Clostridium botulinum</i> <i>Mycoplasma</i> <i>Streptomyces scabies</i> <i>Azotobacter</i> sp.
vysoká teplota teplota > 54°C < 54°C > 43°C > 19°C	králík horké prameny horké prameny horké prameny řeky	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Oscillatoria terebriformis</i> <i>Synechococcus lividus</i> Protozoa některá diatoma
kyslík	odpadní vody	aerobní Protozoa
vysoká salinita	velká solná jezera	Diatoma
intenzita světla	atoly	<i>Tydemania expeditionis</i>

# Ekosféra (biosféra)

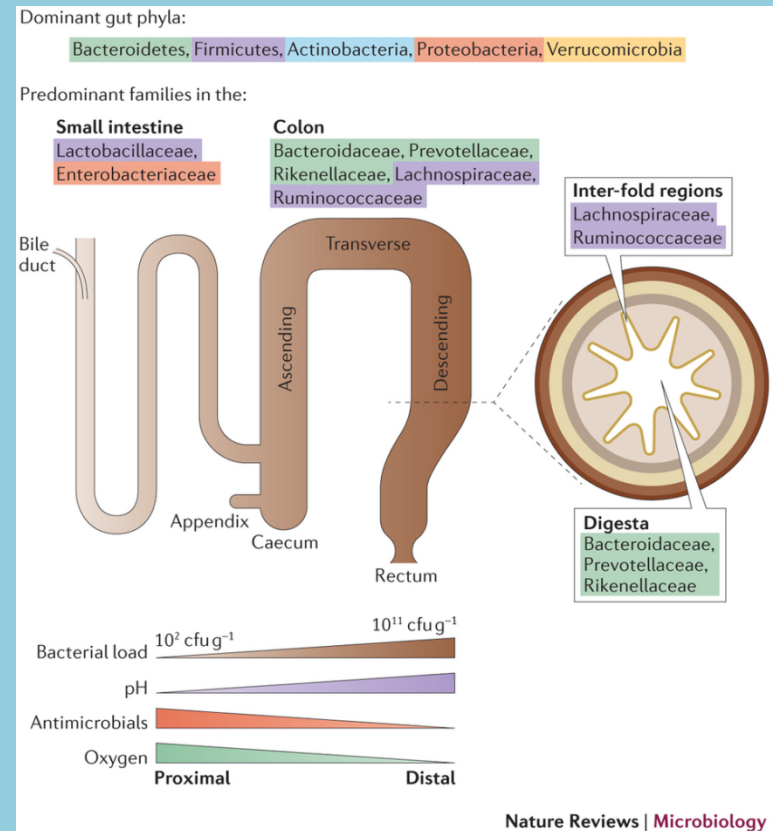
- souhrn všech živých organismů na Zemi s jejich neživým prostředím, které obývají
- atmo-ekosféra
- hydro-ekosféra
- lito-ekosféra
  
- každé prostředí je charakterizováno souhrnem fyzikálních, chemických a biologických parametrů
- ty určují, která mikrobiální populaci, zde může prosperovat
- prostředí zpravidla určuje, zda je možná kompetice více skupin či nikoliv (extrémní habitaty, nutná adaptace)





# Habitat

- jednotlivé ekosféry mají mnoho habitatů
- habitat – fyzické místo, kde se organismus nachází („adresa“)
- ekologická nika – ta označuje nejen kde organismus žije, i jeho funkce v ekosystému – např. predátor, co kdy a kde loví...)
- fyzikální a chemické charakteristiky habitatu ovlivňují růst, aktivitu, interakce a přežití mikroorganismů nacházejících se v habitatu, určují niku, kterou mikroorganismus okupuje
- mikrobů jde často o mikroměřítko, které je nutno brát v úvahu (makroorganismy – velká teritoria)



## **autochtonní** mikroorganismy

- jsou původní v daném habitatu – přežijí zde, rostou a jsou metabolicky aktivní
- fyziologicky se adaptovat na fyzikální a chemické podmínky prostředí – zvýší to jeho šanci přežití, schopnost uniknout predaci a kompetitivnímu tlaku
- úspěšně soutěží s ostatními autochtonními mikroby (všichni vykazují určitou adaptaci, která jim umožňuje být fyziologicky kompatibilní s jejich fyzikálním i chemickým prostředím)

## **alochtonní** - cizí mikrobi –přechodní členové habitatu

- nezabírají zde žádnou ekologickou niku
- vyrostli jinde a byli sem nějak přineseni
- mohou přežít různě dlouho
- tvorba spor nebo rychle zmizí – *E. coli* v mořském prostředí nepřežije 24 hodin
  
- někdy nejasné, kdo je autochtonní a kdo alochtonní
- ekosystémy dynamické a stále se mění, autochtonní organismy mohou být aktivní během určitého období, v jiném období pak mohou být dormantní
- třeba zvážit, zda prostředí vykazuje cyklické změny, které umožní růst mikroba v určitém období
- zda je mikrob schopný přežít nepříznivé období
- úspěch alochtonního mikroba – především v prostředí, kde dochází k nějaké změně, či kde působí nějaký stres nebo narušení

# Rozdělení podle environmentálních adaptací

podmínky prostředí:

- teplota
- tlak
- salinita
- pH
- kyslík

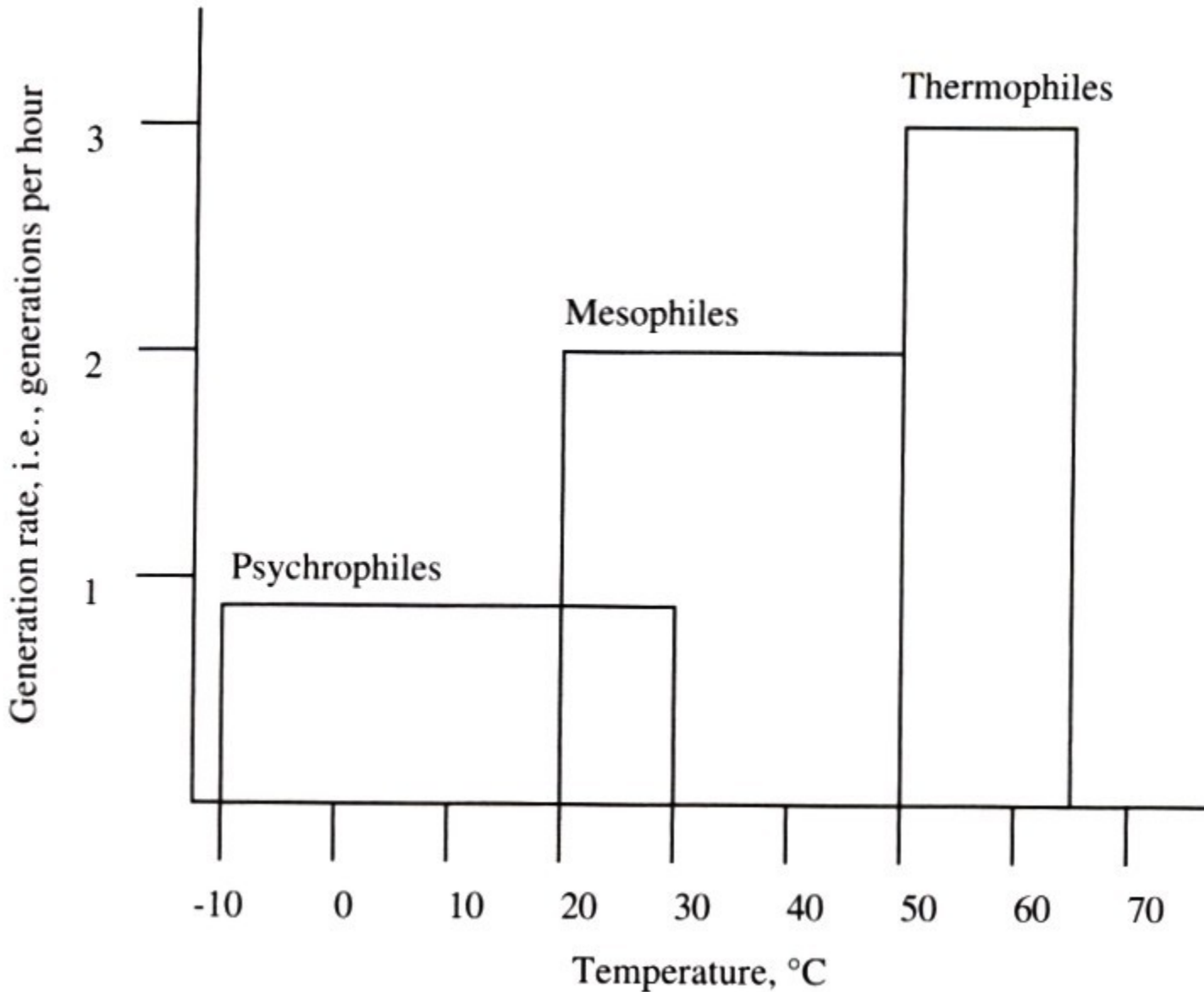
*Table 2.3* Nomenclature describing different environmental adaptations

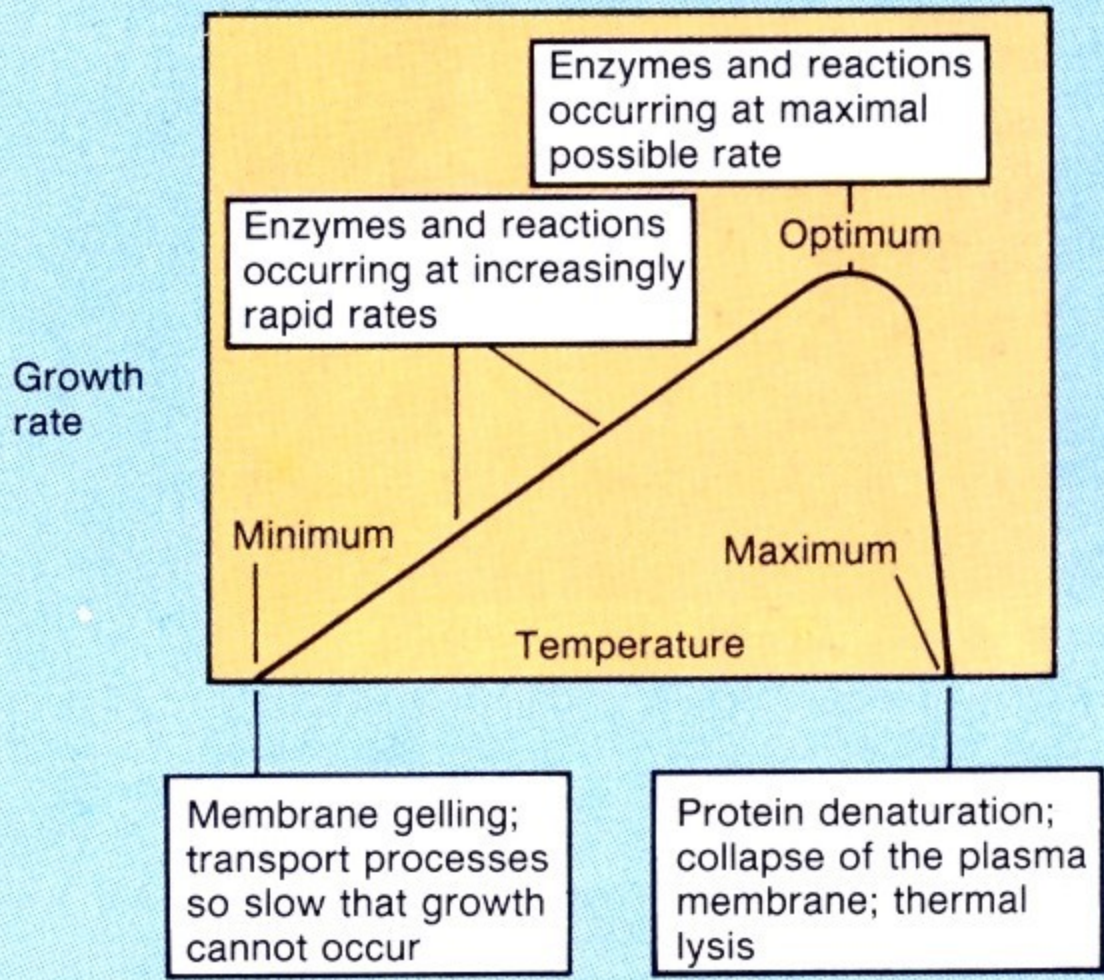
Environmental circumstance	Different adaptations	Notes
Temperature	Psychrophile	Max growth <15 °C
	Mesophile	Max growth 15 to 45 °C
	Thermophile	Max growth 45 to 80 °C
	Hyperthermophile	Max growth >80 °C
pH	Acidophile	Max growth pH < 5
	Neutrophile	Max growth pH 6 to 8
	Moderate alkaliphile	Max growth pH 8 to 9.5
	Obligate alkaliphile	Max growth pH >9.5
Salt	Mild halophile	Max growth 1 to 6% NaCl
	Moderate halophile	Max growth 6 to 15% NaCl
	Extreme halophile	Max growth >15% NaCl
Oxygen	Aerobe	O <sub>2</sub> required
		O <sub>2</sub> not required but preferred
	Anaerobe	Cannot grow with O <sub>2</sub> present
		Can tolerate O <sub>2</sub> , but grows best without
		Obligate
		Facultative

# Toleranční rozsah - teplota

- velký vliv, dobře prostudovaná
- optimum: 12oC (houby, bakterie) -104oC (bakterie –redukce síranů, archaea)
- v půdě se mění více než ve vodném prostředí (den/noc, léto/zima)
- mikroorganismy nemají autoregulaci, ale populace s velkou hustotou mohou ovlivnit teplotu prostředí (kompost....)
- většina mikrobů schopna růst při nízké teplotě 10oC – optimum jinde
- 35-40oC – teplokrevní živočichové – mikrobi s touto optimální teplotou většinou nerostou při nižších/vyšších teplotách – bakterie se lépe adaptují na jinou teplotu, houby se téměř neadaptují
- prostředí s vysokými teplotami téměř sterilní
- nejvyšší teplota, při které mikroorganismy zachovávají své životní funkce je ovlivňováno pH a dalšími faktory vnějšího prostředí (zvl. u vyšších teplot) :
  - termofilní bakterie – 85-88oC
  - řasy -73-75oC
  - houby 56-60oC
  - protozoa – 51oC
- vyšší teploty – změny enzymat. pochodů, požadavků na živiny

Rozpětí teplot a rychlost množení (počet generací/h) u psychrofilních, mesofilních a termofilních bakterií





**Figure 9.15** Effect of temperature on growth rate and the molecular consequences.

**Table 8.3**

Minimal and maximal growth temperatures of representative bacterial and archaeal species

Microorganism	Minimal growth temperature (°C)	Maximum growth temperature (°C)
<b>Bacteria</b>		
<i>Micrococcus cryophilus</i>	-8	25
<i>Vibrio marinus</i>	-14	25
<i>Xanthomonas pharmicola</i>	0	40
<i>Pseudomonas avenae</i>	0	40
<i>Xanthomonas rinicola</i>	-8	38
<i>Escherichia coli</i>	7	41
<i>Vibrio cholerae</i>	11	41
<i>Staphylococcus aureus</i>	15	45
<i>Streptococcus pyogenes</i>	20	45
<i>Haemophilus influenzae</i>	22	40
<i>Lactobacillus lactis</i>	15	46
<i>Bacillus subtilis</i>	15	50
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	20	50
<i>Bacillus coagulans</i>	25	65
<i>Synechococcus lividus</i>	30	67
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	30	70
<i>Thermus aquaticus</i>	65	102
<b>Archaea</b>		
<i>Halobacterium salinarium</i>	20	55
<i>Methanococcus voltae</i>	25	50
<i>Methanococcus thermolithotrophicus</i>	30	75
<i>Thermoplasma acidophilum</i>	40	62
<i>Methanococcus igneus</i>	40	95
<i>Methanococcus jannaschii</i>	50	95
<i>Pyrodictium occultum</i>	60	110
<i>Pyrococcus furiosus</i>	70	100
<i>Pyrococcus woesei</i>	70	105

## Termofilové

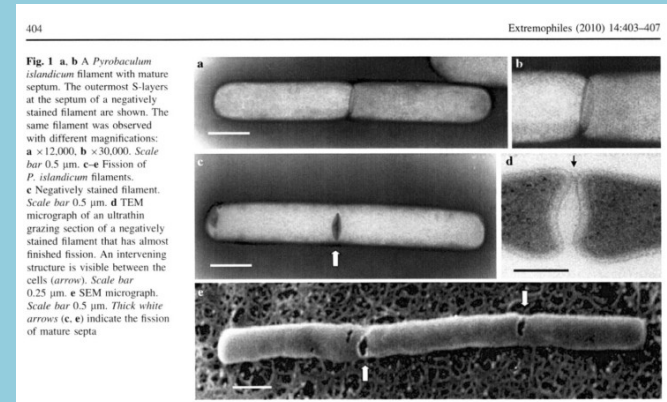
- snáší rel. vys. teploty, kolem 45 °C ( 50 - 70 °C )
- převážně Archaea
- geotermálně aktivní místa na Zemi - horké prameny, hlubokomořské horké vývěry atd.
- obsahují spec. enzymy, které fungují za vys. teploty
- některé enzymy se používají v molekulární biologii (termo stabilní taq DNA polymeráza pro PCR), nebo jako součást mycích přípravků

## Extremní termofilové

- 80 °C to 105 °C pro růst
- membrány a proteiny neobvykle stabilní vůči vys. teplotě
- často Archaea, vyžadující k růstu elementární síru
- některé anaerobní – využívají S jako el. akceptor při dýchání místo kyslíku
- některé lithotrofní – oxidují S na kyseliny jako zdroj energie ( stejně jako acidofilní b.)
- obývají horké, na S bohaté prostředí – horké prameny, gejzíry, fumaroly
- často jsou barevné – obsahují barevné fotosyntetické pigmenty



Methanosarcina thermophila

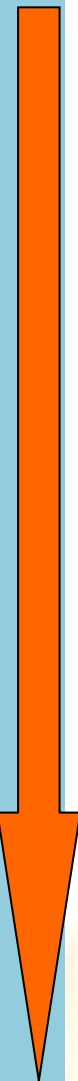


Pyrobaculum islandicum



**Table 8.4**

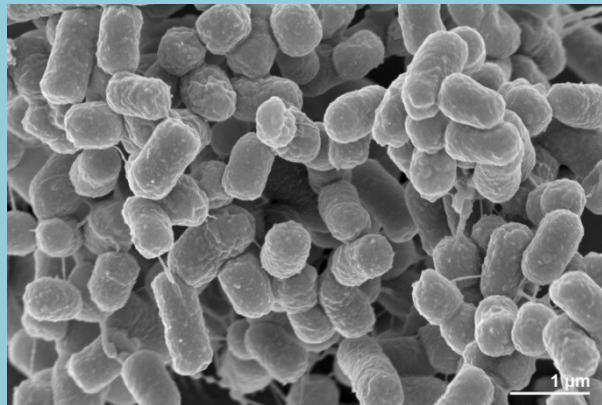
Optimal growth temperatures of representative archaeal species



Optimal temperature	Species
50°C	<i>Methanosarcina thermophila</i>
55°C	<i>Methanogenium thermophilicum</i>
57°C	<i>Methanogenium frittonii</i>
60°C	<i>Methanobacterium wolfei</i>
65°C	<i>Methanobacterium thermoaggregans</i> , <i>Methanococcus thermolithotrophicus</i>
70°C	<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>
75°C	<i>Thermococcus stetteri</i>
82°C	<i>Archaeoglobus profundus</i>
83°C	<i>Methanothermus fervidus</i> , <i>Archaeoglobus fulgidus</i>
85°C	<i>Desulfurococcus mobilis</i> , <i>Desulfurococcus mucosus</i> , <i>Desulfurococcus saccharovorans</i> , <i>Methanococcus jannaschii</i>
88°C	<i>Thermofilum pendens</i> , <i>Methanothermus sociabilis</i> , <i>Thermococcus celer</i> , <i>Thermococcus littoralis</i> , <i>Thermodiscus maritimus</i> , <i>Thermoproteus neutrophilus</i> , <i>Thermoproteus tenax</i> , <i>Desulfurococcus</i> <i>amylolyticus</i> , <i>Methanococcus igneus</i>
90°C	<i>Thermoproteus uzoniensis</i>
91°C	<i>Caldococcus litoralis</i>
92°C	<i>Staphylothermus marinus</i>
97°C	<i>Pyrodictium abyssi</i>
100°C	<i>Hyperthermus butylicus</i> , <i>Pyrobaculum islandicum</i> , <i>Pyrobaculum organotrophum</i> , <i>Pyrococcus furiosus</i>
102°C	<i>Pyrococcus woesei</i>
105°C	<i>Pyrodictium brockii</i> , <i>Pyrodictium occultum</i>

# Toleranční rozsah – atmosférický tlak

- hlubokomořské prostředí – vysoký tlak + nízké/ (extr.vysoké) teploty
- spec. struktury, umožňující život a růst při extrem. tlaku
- výzkumy fyziologie a molekul. biologie hlubokomořských barofilních bakterií -tlak-regulující operony a ukazují, že růst je závislý vztahu mezi tlakem a teplotou prostředí
- barotolerantní b. – schopnost růstu při vyšším tlaku než atmosférickém
- barofilní b.- opt. růst při tlaku menším než 40 MPa  
- jsou schopny růst i při atmosférickém
- extrémně barofilní b. – optimální tlak pro růst více než 40 MPa.

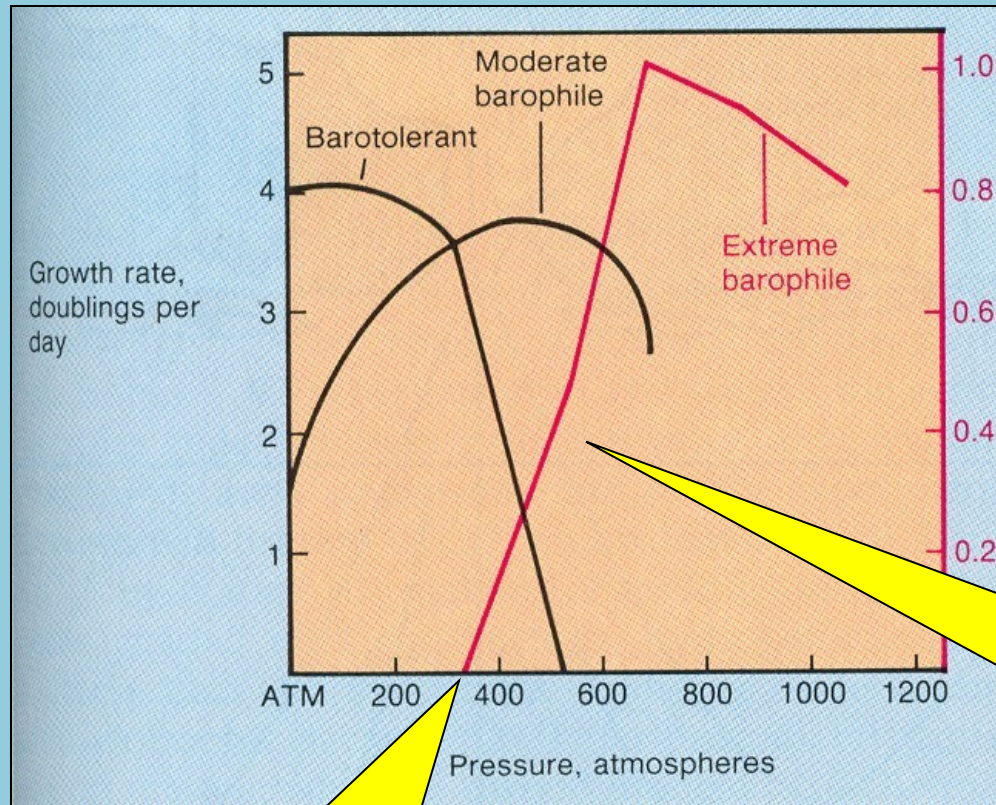


*Halomonas salaria* vyžaduje tlak 1000 atm

- vysoké tlaky - normální membrána buněk se stane voskovitou a relativně nepropustnou pro živiny
- vysoký tlak snižuje funkčnost proteinů
- piezofilní bakterie mají ve své cytoplazmatické membráně vysoký podíl mastných kyselin, což umožňuje, aby membrány zůstaly funkční a udržovaly se od gelování při vysokých tlacích
- většina piezofilů roste v tmě a obvykle je velmi citlivá na UV záření; postrádají mnoho mechanismů reparace DNA
- Př. xenophyophore, byl nalezen v nejhlubším oceánském výkopu 10,541 m pod povrchem



## Růst barotolerantních, středně barofilních a extrémně barofilních bakterií



Neschopnost  
extremobarofilních  
bakterií růst při  
nízkém tlaku

Mnohem pomalejší  
růst  
extremobarofilních  
bakterií

# Ekologická amplituda-osmotický tlak, salinita

- ovlivňována více faktory
- dominantní vliv má koncentrace jednotlivých iontů v prostředí
- u vod se mění salinita jen příležitostně nebo sezónně
- u půdy – srážky, sucho, ale i výměna iontů organismů (pro patogeny atd) – stálé podmínky
- mořské organismy -3,5% NaCl
- Na ionty – stabilizace nebo aktivace enzymů, udržení kulovitého tvaru buňky
- nehalofilní organismy se mohou přizpůsobit – fyziologická adaptace

- prostředí s vysokou koncentrací solí (0,2 až 5,5 M – moře 0,3 M)
- slaniska, moře, slaná jezera, Mrtvé moře...
- vysoká salinita – extrémní prostředí, jen málo organismů schopno akceptovat
- organismy schopné udržet iontové složení a osmotický tlak proti vysokému spádu
- převážně Archea
- některé druhy (bakterie) mají červenou barvu díky obsahu karotenoidů – fotosyntet. pigment bakteriorhodopsin
- většina halofilních a halotolerantních organismů vynakládá E na vyloučení solí z cytoplazmy pomocí proteinových agregátů ('salting out')
- další strategie :
  - 1) akumulace anorganických solí v cytoplazmě
  - 2) udržování cytoplazmy s nízkou koncentrací solí + vys. konc. jiných roztoků (glycerol aj.) – intracel. konc. regulována podle externí konc solí – chrání proteiny

- fakultativně halofilní b.
- obligátně halofilní b.
- extrémně halofilní b.



Halobacteria

## Vliv koncentrace sodného iontu na růst mikroorganismů rozdílné tolerance soli

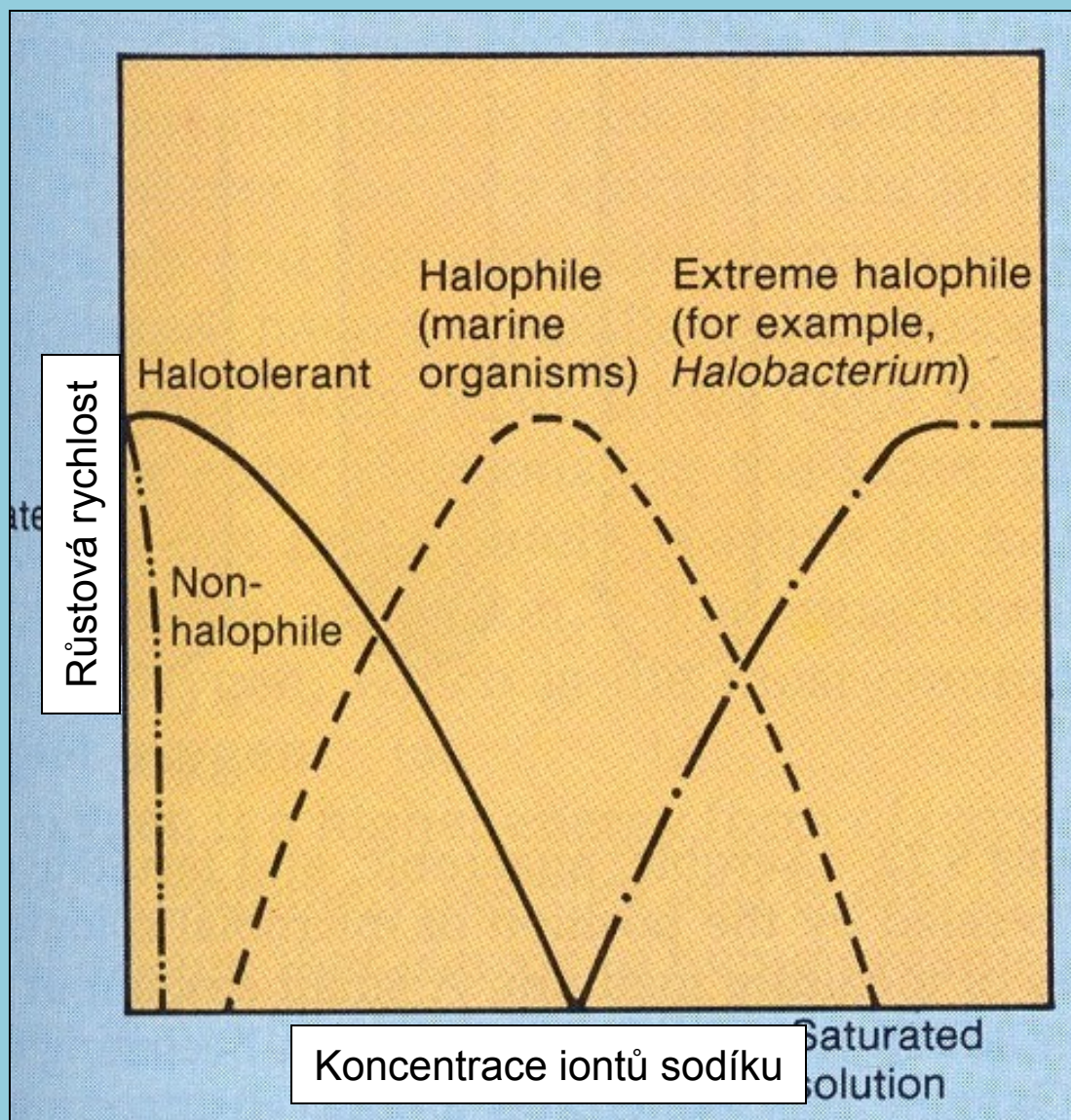
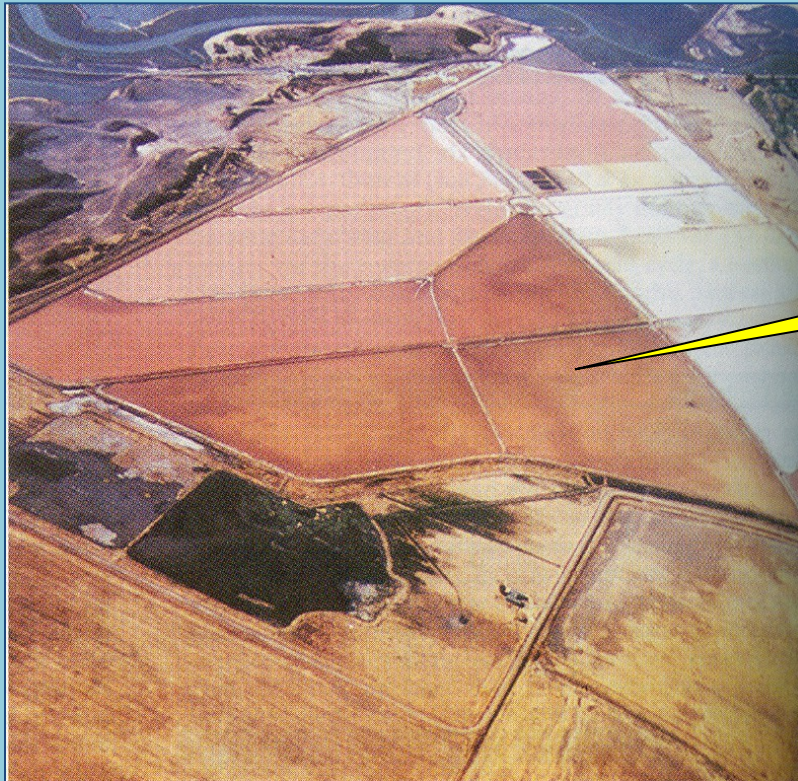


Table 20.1 Ionic composition of some highly saline environments

Ion	Concentration g/l			Seawater (for comparison)
	Great Salt Lake	Dead Sea	Typical soda lake	
Na <sup>+</sup>	105	39	142	10.6
K <sup>+</sup>	6.7	7.3	2.3	0.38
Mg <sup>2+</sup>	11	41	<0.1	1.27
Ca <sup>2+</sup>	0.3	17	<0.1	0.40
Cl <sup>-</sup>	181	212	155	18.9
Br <sup>-</sup>	0.2	5	—	0.065
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	27	0.5	23	2.65
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.7	0.2	67	0.14
pH	7.7	6.1	11	8.1



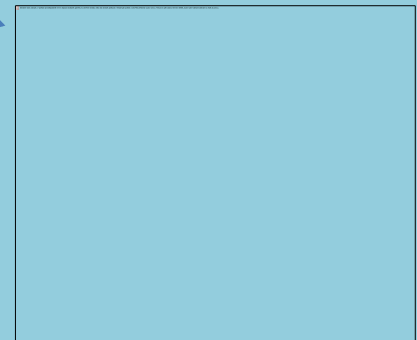
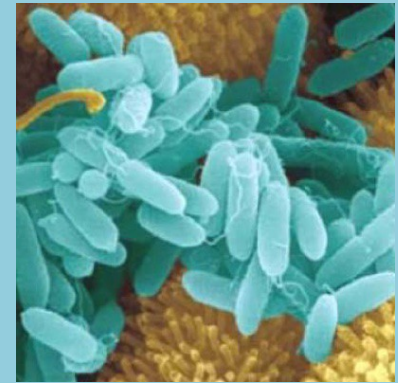
Saliny s různou  
koncentrací solí

Červená barva je způsobena halofilními baktériemi s obsahem bakteriorodopsinu, jehož základem je červeně zbarvený pigment retinal



# Ekologické rozpětí - pH

- schopnost udržovat vnitrobuněčné pH v určitém rozmezí, někdy odlišném od vnějšího prostředí
- acidofilní b. - (pH 1- 5,2) – bakterie produkující silné kyseliny  
(Thiobacillus x Nitrobacter)
- neutrofilní b. - (pH 5,2 - 9) – Escherichia coli
- alkalofilní b. - (pH 9 – 11,5)
  - fotosynt. halofilní b. – Halobacterum pH 9-10
  - b. zvyšující pH okolí (Arthrobacter – odštěpuje amoniak)
  - alkalotolerantní řasy a sinice – vodní květ  
( intenz. fotosyntéza – zvýšení pH i nad 10)



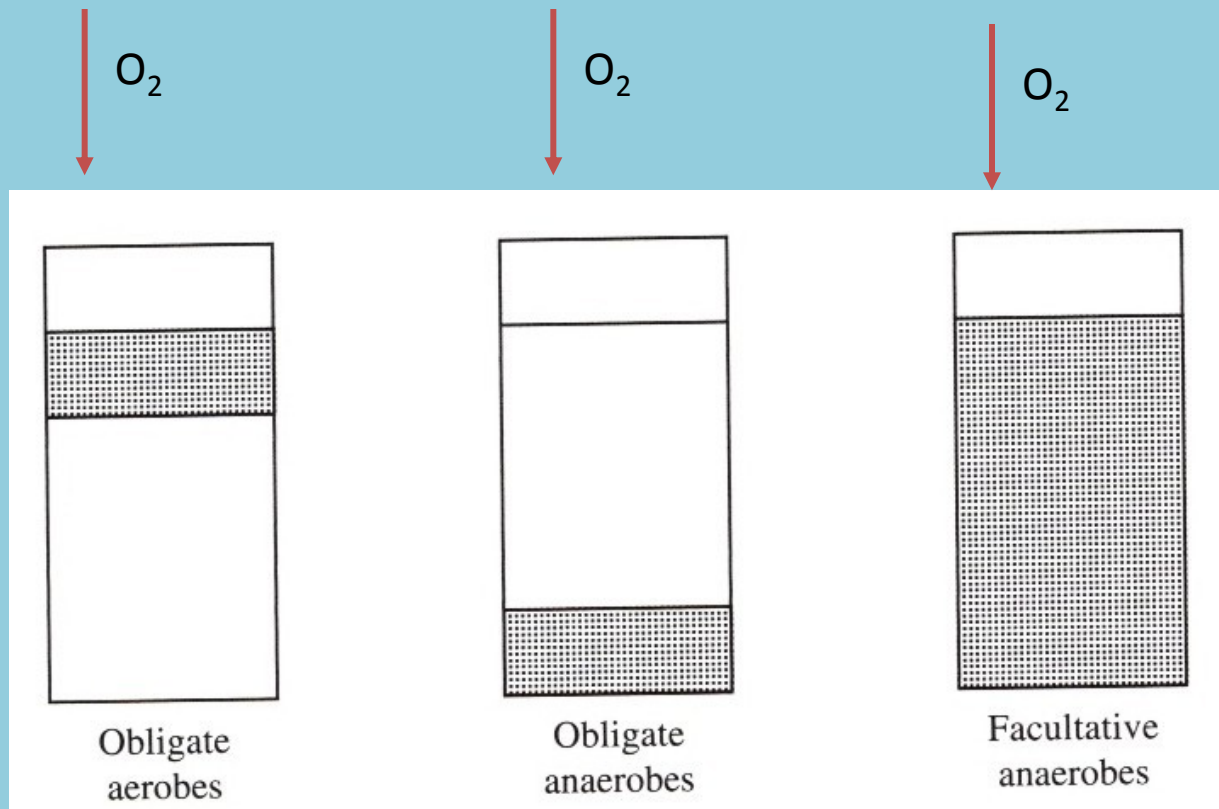
**Table 8.8**

Minimum, optimum, and maximum pH in multiplication of various bacteria

Organism	pH		
	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Escherichia coli</i>	4.4	6.0–7.0	9.0
<i>Proteus vulgaris</i>	4.4	6.0–7.0	8.4
<i>Enterobacter aerogenes</i>	4.4	6.0–7.0	9.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.6	6.6–7.0	8.0
<i>Erwinia carotovora</i>	5.6	7.1	9.3
<i>Clostridium sporogenes</i>	5.5–5.8	6.0–7.6	8.5–9.0
<i>Nitrosomonas</i> spp.	7.0–7.6	8.0–8.8	9.4
<i>Nitrobacter</i> spp.	6.6	7.6–8.6	10.0
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	1.0	2.0–2.8	6.0
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4.0	4.6–5.8	6.8
<i>Bacillus acidocaldarius</i>	2.0	3.5	6.0
<i>Thermoplasma acidophilus</i>	1.0	1.5	4.0
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	1.0	2.5	4.0
<i>Bacillus alcalophilus</i>	8.5	9.5	11.5

Source: Doetch and Cook 1973. Added data from Ingeldew 1990 and Kroll 1990.

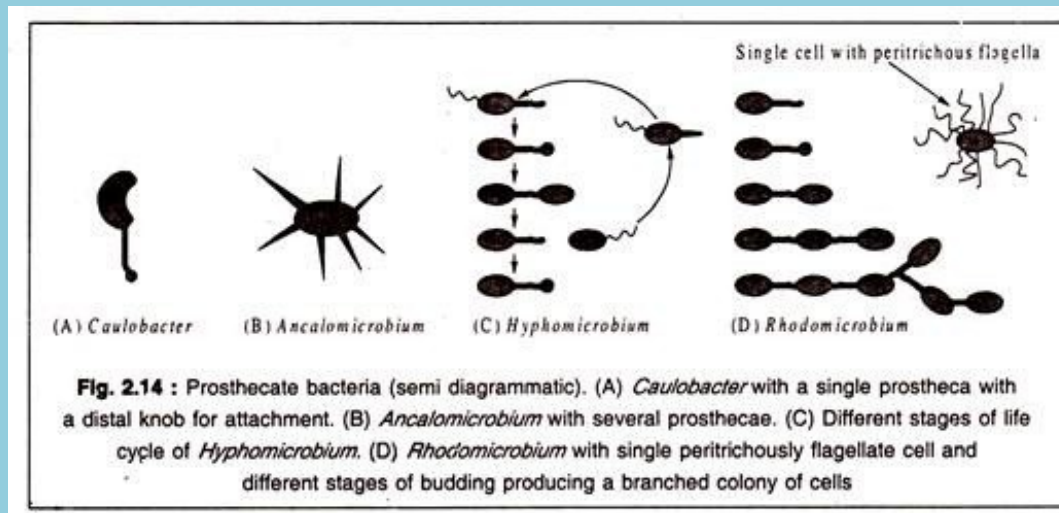
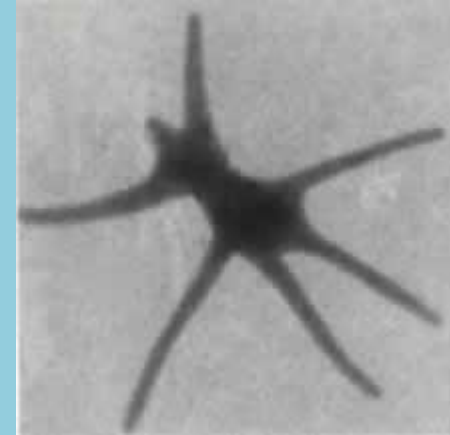
# Ekologické rozpětí - kyslík



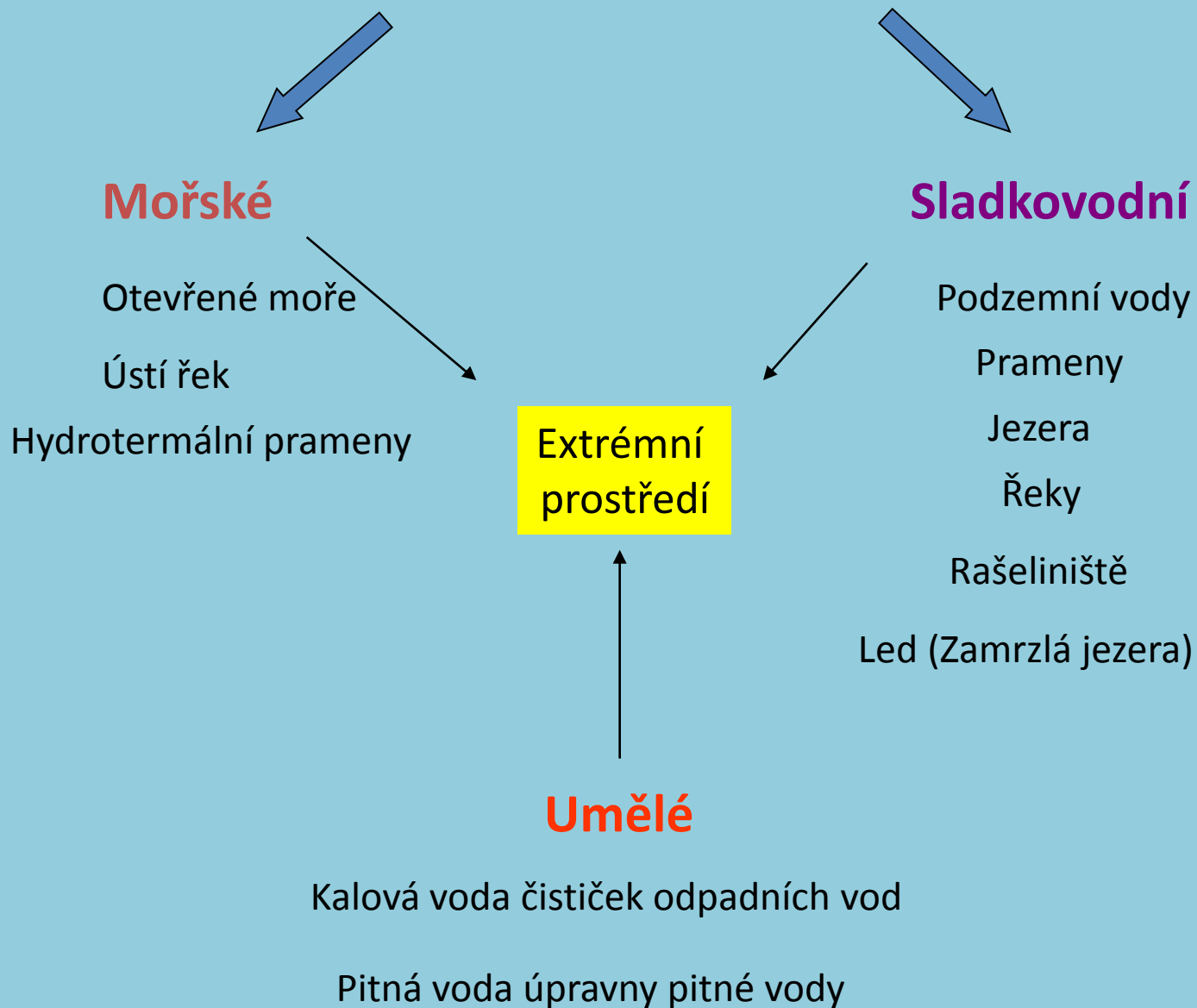
Různé typy bakterií inkubované v kultivačním mediu se kumulují v různých zónách podle jejich citlivosti k volnému molekulárnímu kyslíku

# HYDROSFÉRA

- vhodnější pro mikroby než atmosféra – voda
- jsou zde tedy převážně autochtonní mikrobi
- schopní růst při nízké koncentraci živin
- většina je pohyblivá (bičíky a pod)
- některé (prosthecatés –s výběžky) mají nezvyklý tvar
- zvyšuje poměr plochy povrchu k objemu
- účinnější příjem nízkých koncentrací živin

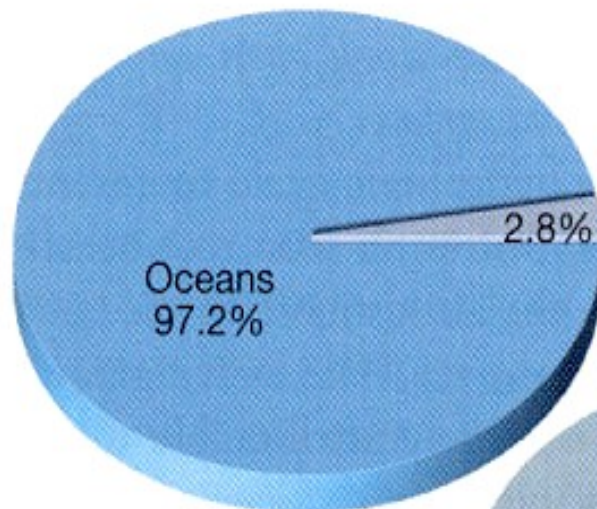


# Vodní ekosystémy



# Světové vody

**Sladká voda ~ 0,03 %**



Hydrosphere

Freshwater lakes  
0.009%

Saline lakes and  
inland seas  
0.008%

Soil moisture  
0.005%

Stream channels  
0.0001%

Atmosphere  
0.001%

Glaciers  
2.15%

Groundwater  
0.62%

Nonocean Component  
(% of total hydrosphere)

Část, kterou přispívají jezera  
a řeky k celkové zásobě  
sladkých vod je velmi malá.

# MOŘSKÉ EKOSYSTÉMY

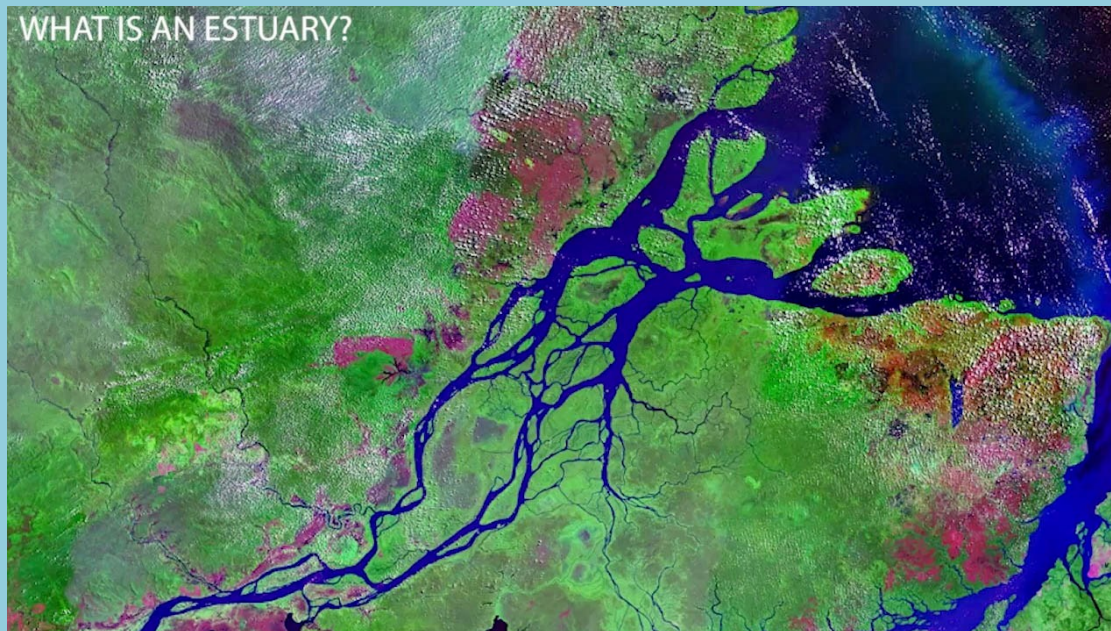
Srovnání s typickými sladkovodními ekosystémy, koncentrace nutrientů v otevřeném oceánu je často velmi nízká (N, P, Fe) a počty buněk jsou typicky nižší v oceánu než ve sladkovodních prostředích.

Ale protože jsou oceány tak rozsáhlé, celková fotosyntéza a produkce  $O_2$  z nich dělá největší primární producenty.



# Estuária

- setkávání mořské vody a sladké vody z řek a pramenů
- ekoton - ústí jsou produktivnější než oceány nebo sladkovodní
- přítoky – ukládání živin nesených řekami
- velice variabilní environment : teplota, salinita, pH, obsah organických látek
- jsou pod vlivem přílivu – i živiny přinesené řekami oscilují s přílivem a odlivem v ústích, výsledný pohyb je ale do otevřeného moře
- v typickém ústí je gradient salinity od <5 do >25 promile
- rozlišení mezi autochtonními a allochtonními organismy je zvlášť obtížné





- nejlépe adaptované organismy musí být tolerantní k celé řadě environmentálních faktorů
- pravé sladkovodní i mořské organismy jsou jen přechodnými členy/obyvateli ústí řek
- produktivita ústí je vysoká, fotosyntéza téměř vždy převyšuje respirační aktivitu
- velké části ústí jsou přerostlé polo ponořenými vyššími rostlinami – charakteristické jsou různé trávy rodu *Spartina* v mírném klimatu
- mangrovové lesy v tropických oblastech
- přílivové roviny jsou často zarostlé - vocha mořská (*Zostera*) v mírných oblastech a „turtle grass“ (*Thalassia*) v tropických oblastech



# Slaniska

- slanisková ústí mohou dostat živiny z výstupných pramenů
- podél kontinentálního šelfu (prahu), ale většina živin přichází z pevniny ve formě odtoku srážkové vody
- fyzikální konstrukce ústí má za následek, že živiny vstupující do ústí, nebo zde vytvořené, jsou zde „uvězněné“ – interní recyklace s malými relativními ztrátami do hlubších oceánů
- i vnitrozemské – minerální prameny



Massachusetts



Ladakh



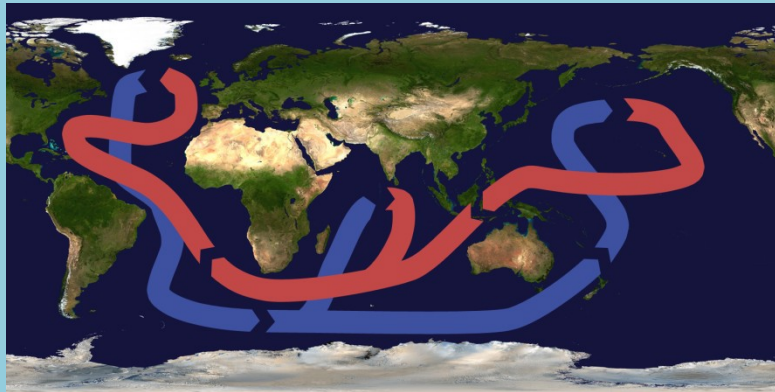
PP Netřebekská slaniska

# Charakteristiky a stratifikace oceánů

- Podmínky v mořských ekosystémech jsou většinou velice uniformní – díky různým mechanismům mísení vodních mas
- příliv, vodní proudy, a termohalinní cirkulace (teplota i slanost)

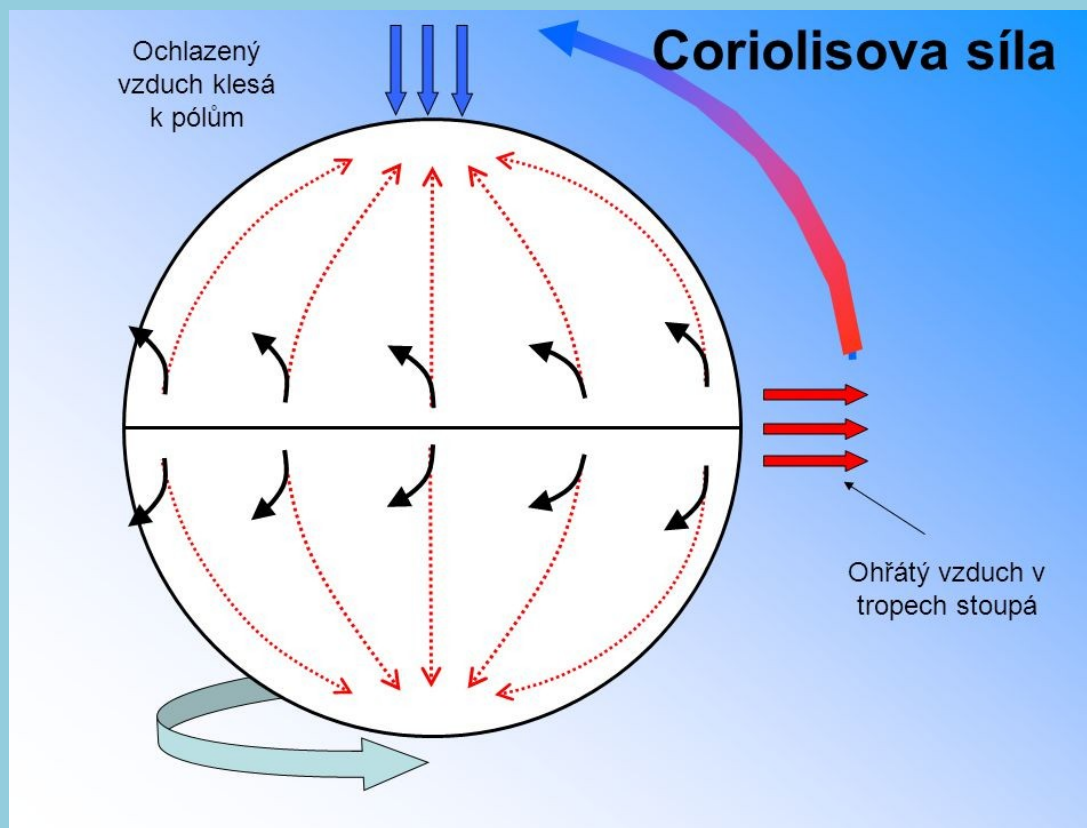
## Termohalinní cirkulace

- počátek v subtropické oblasti jižního Atlantiku – zde dochází k velkému výparu a voda je nahrazována studenou vodou proudící středním patrem směrem od Antarktidy
- v rovníkové oblasti se tato voda otepluje, ale díky výparu se zvětšuje její salinita
- noří se do hloubek kolem 800 m a putuje Atlantikem dál až k Islandu
- teplo odevzdá výměník u Islandu, tím ztěžkne a putuje v hloubce zpět podél dna Atlantiku, až opět narazí na Cirkumantarktické proudění
- přenos vody mezi severním Atlantikem a severním Pacifikem 500–1000 let, celá globální cirkulace 1500 let
- změna v termohalinní cirkulaci může podmínit změny klimatu v měřítku století a tisíciletí
- pohlcování atmosférického CO<sub>2</sub> v oceánech
- anomálie povrchových teplot oceánů (SST – sea surface temperature) významně ovlivňují klima Evropy (např. NAO - **North Atlantic oscillation** ), Afriky a Jižní Ameriky



- <https://www.youtube.com/watch?v=UuGrBhK2c7U>

- příliv/odliv má za následek pravidelné zaplavování a expozicí pobřežních habitatů
- příliv – gravitace měsíce a slunce – perioda cca 12,5 hodiny; na většině míst se příliv a odliv objevuje 2x denně
- oceánské proudy vznikají vlivem větrů a rotace země
- rotační síla země a zemské překážky mají za následek převážně cirkulární systém proudů
- hluboké proudy vznikají z rozdílů v teplotě a salinitě, které vytváří rozdíly v hustotě vody – hustota vodních mas způsobuje termohalinní proudy, které míchají vodní masy vertikálně



- procesy v oceánech a interakce s atmosférou podmiňují **rozvrstvení oceánu**:

a) **směšovací povrchová vrstva** (mixed surface layer)

- několik desítek metrů od 60° z.š. k pólům
- 400 m na 40° z.š.
- až 100–200 m na rovníku
- ve směšovací povrchové vrstvě je pohyb vody podmíněn působením větru – mořské proudy, povrchové víry

b) **termoklinní vrstva**, kde klesá teplota a roste hustota s hloubkou

- zvrstvená, působí jako bariéra mezi teplejší povrchovou a chladnější hlubší vrstvou

c) **hluboká vrstva** – studená a hustá voda – pohyb vody zde souvisí s kolísáním hustoty v důsledku rozdílů v salinitě a teplotě



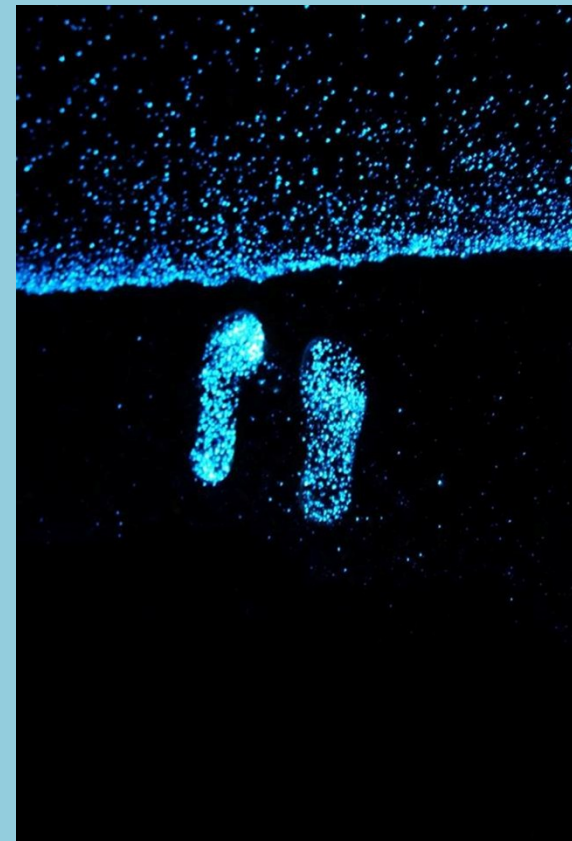
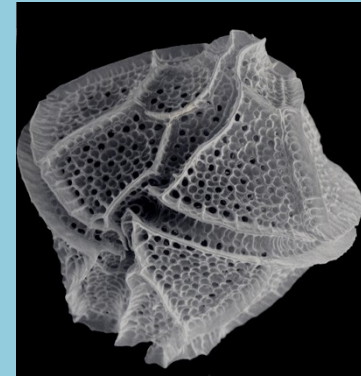
# Minerály v oceánech

- Oceány obsahují téměř každý v přírodě se vyskytující prvek, ale většina je v extrémně nízkých koncentracích
- N, P, Fe – základní pro mikrobiální růst – jen stopová množství (méně než 1ppm)
- Salinita – 3,3-3,7 promile
- pH 8,3 – 8,5
- Teplota v hloubce 100m a níž mezi 5-0oC
- Sezónní fluktuace kdekoliv není větší než 20oC a variace ve všech oceánech je do 35oC



# Rudý příliv

- vyšší koncentrace fytoplanktonu způsobuje rudou barvu moře
- řasy (obrněnky *Lingulodinium polyedrum*)
- v noci řasa začíná svítit namodralou září
- bioluminiscence - oxidace luciferinu za přítomnosti enzymu luciferázy
- vyzařuje se až 96 procent světla a jen 4 procenta tepla (u moderních výbojek je efektivita jen 10 procent světla)



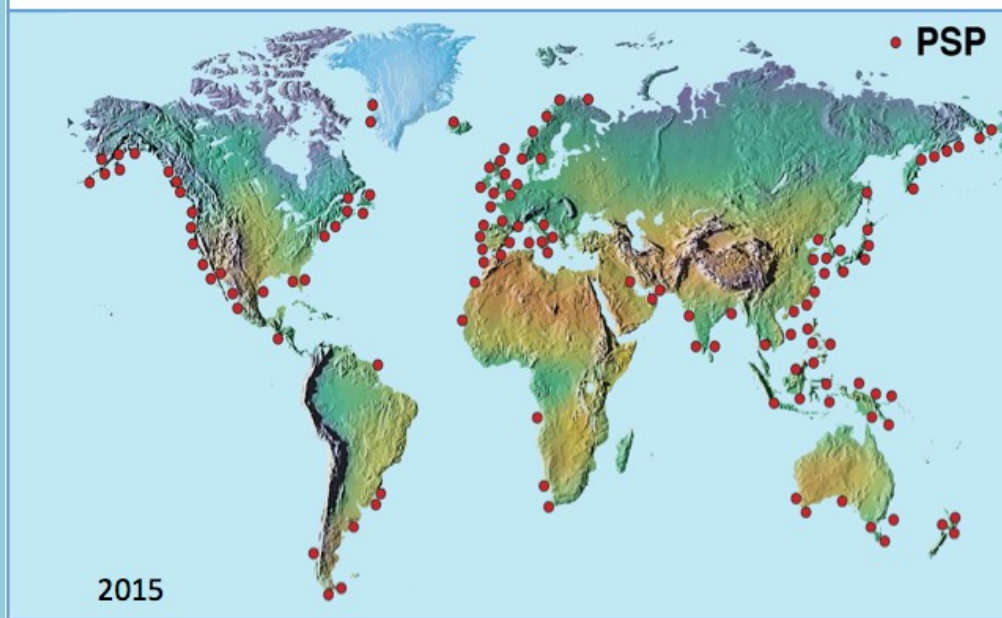
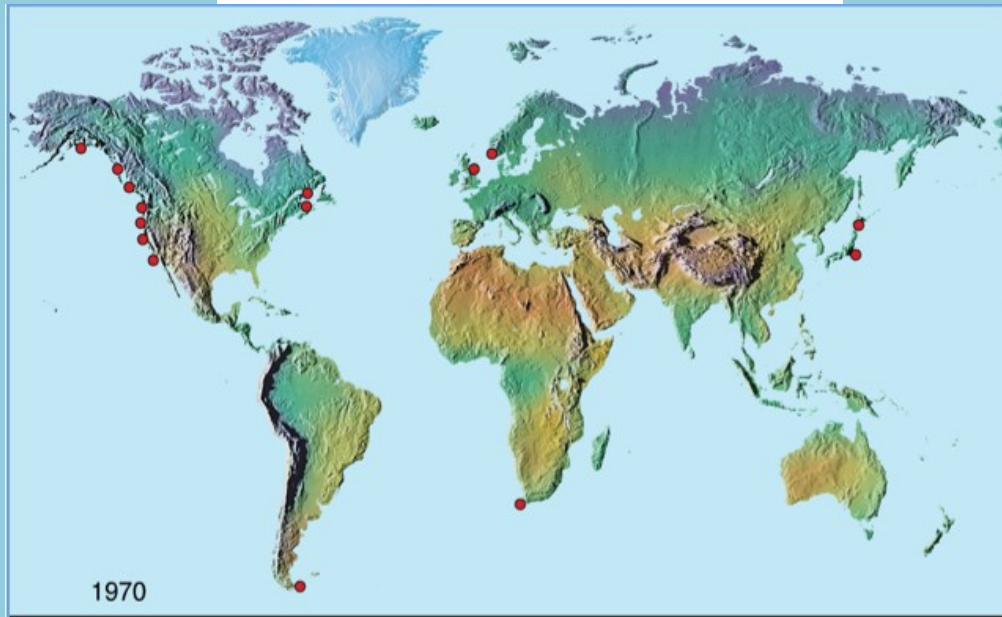
## Harmful algal blooms (HABs)

- produkce toxinů, dříve si biologové mysleli, že působení je jen krátkodobé
  - objev tzv. brevetoxinů (2008)- nervové jedy pocházející z řasy *Karenia brevis* po vdechnutí do plic metabolizují
  - vlny narážející do pobřeží - v řasách obsažené neurotoxiny uvolňují do vzduchu
  - ve formě aerosolu se k lidem u břehu dostávají jedovaté látky, které podle posledních zjištění mohou vyvolávat i rakovinové bujení
- 
- zvýšená koncentrace těchto jedů v organismech ryb
  - Novou Anglii roku 2005 – důsledky byly dramatické zejména pro rybářský průmysl
  - řada plavců zasažených řasami dokonce hospitalizována





# Paralytic shellfish poisoning (PSP)



## *Alexandrium tamarense*

- produkuje hned dva smrtící toxiny
- cysty 10x toxičtější než veget. Stadia
- saxitoxin, blokuje sodíkové kanály - může otrávit jen mnohobuněčné živočichy s centrální nervovou soustavou (zvracení, nízká tlak, znecitlivění, sval. paralýza, selhání dýchání)
- proti jednobuněčným organismům včetně jiných druhů řas - toxin s reaktivním kyslíkem - buněčná membrána praskne
- „dvojitá jedovatost“ je důvodem, proč vodní květ řasy *Alexandrium tamarense* dokáže ve velkém rozsahu narušit celý potravní řetězec





<https://www.youtube.com/watch?v=6zkg24dLudw>

# Vertikální a horizontální zóny mořských habitatů

I přes vysokou uniformitu podmínek jsou patrné určité horizontální zóny:

## Přílivová zóna

- Litorální (přílivová) zóna na pobřeží – podrobena pravidelnému zaplavení a vysychání při přílivu a odlivu

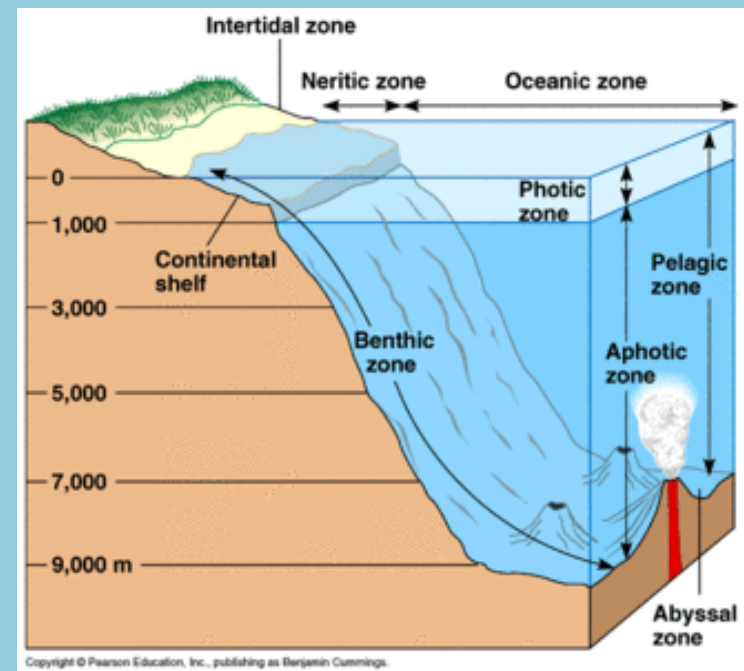
## Neritická zóna

- od úrovně odlivu po kontinentální práh
- relativně malá hloubka – do 200 m
- dobře okysličená voda
- nízký tlak vody
- relativně stabilní teplota a salinita
- dostatek světla
- místo většiny mořského života

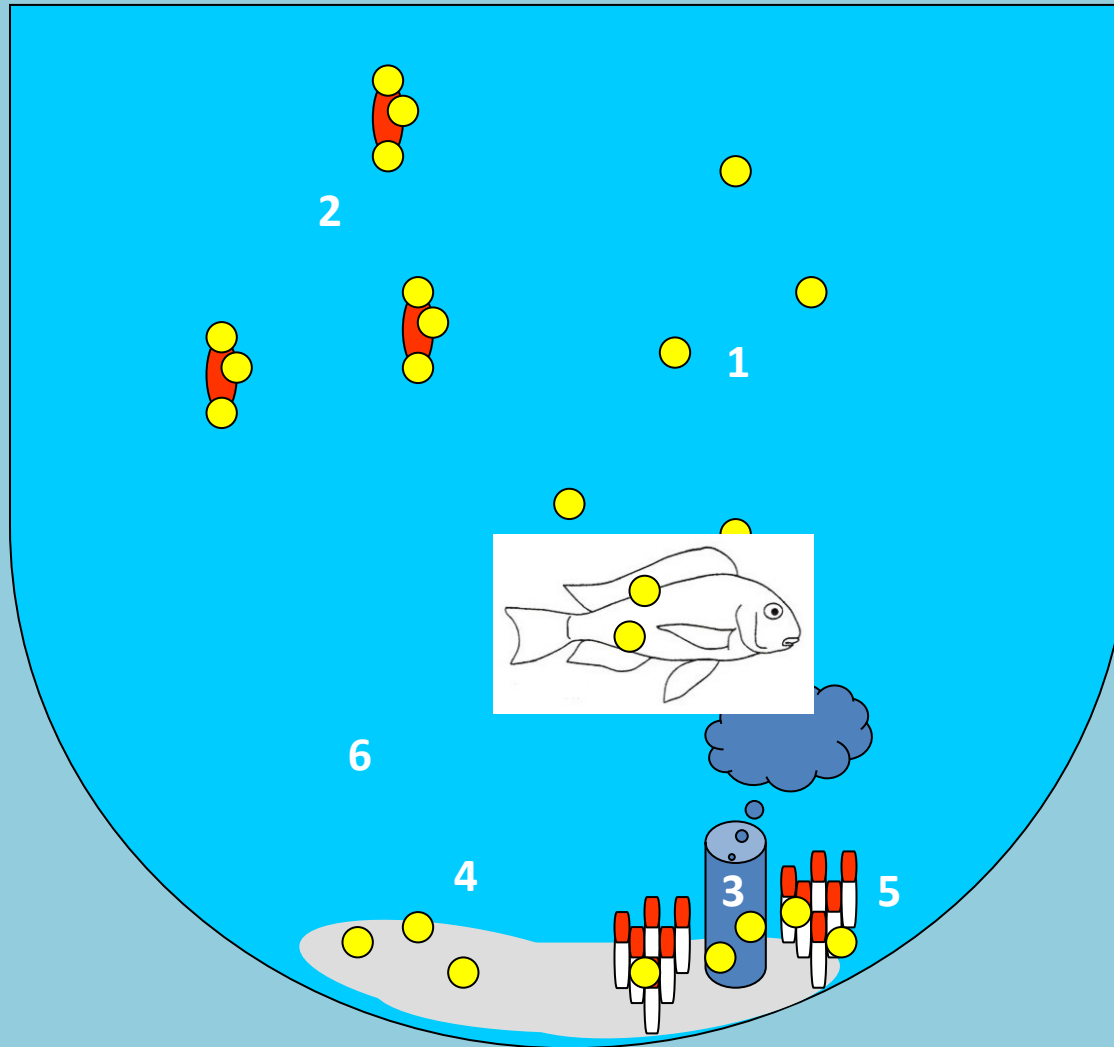
**Oceánská zóna** – 65% otevřená

- plochy oceánů

**Bentická oblast** – dno bez ohledu na vrstvy nad ním – začíná v přílivové zóně a jde dál



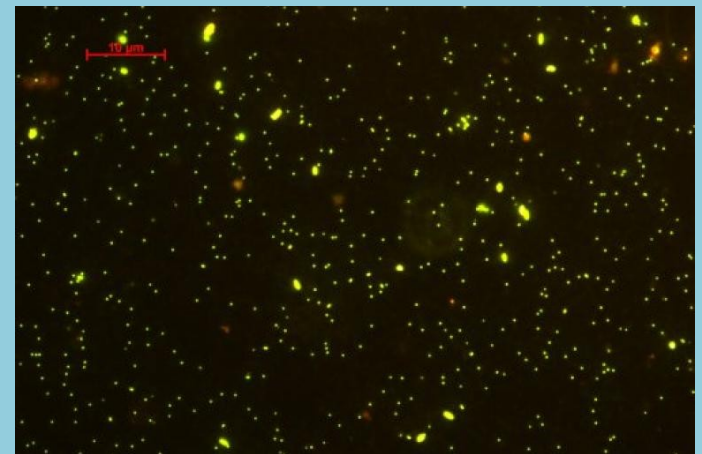
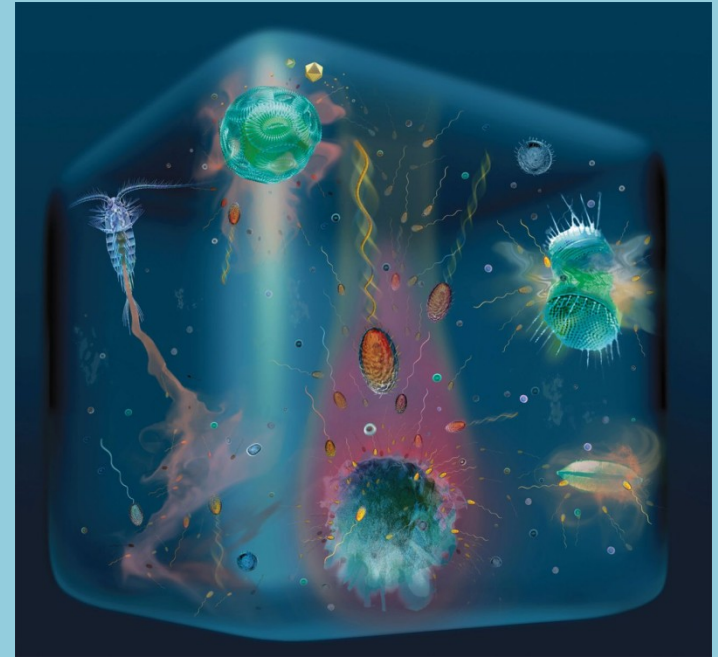
# Hlavní místa výskytu bakterií v otevřeném moři



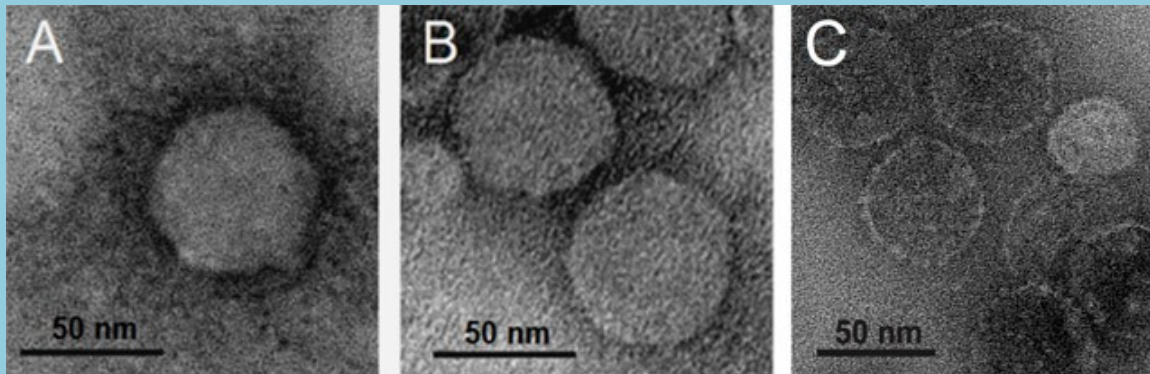
1 – volně suspendované ve vodním sloupci; 2 – mořský sníh; 3 – hydrotermální prameny; 4 – dnové sedimenty; 5 – vláknonošci (Pogonophora); 6 - epibionti

# Mikroorganismy v oceánech

- malá produktivita (40% NPP na Zemi – nejproduktivnější korály, chaluhy), v otevřených oceánech limitace N a P (normálně je limitace C!)
- Navzdory nízké úrovni anorganických nutrientů a organického uhlíku je v oceánských vodách rozptýleno významné množství prokaryotických buněk – mezi  **$10^5$  a  $10^6$ /ml**
- Počet buněk  $> 10^5$  na ml v povrchové vodě moře znamená, že oceán poskytuje útočiště  **$3.6 \times 10^{29}$  mikrobiálních buněk** s celkovým obsahem uhlíku v buňkách  **$\sim 3 \times 10^{17}$  g**
- v jednom mililitru přítomno asi  $10^4$  velmi malých eukaryotických buněk
- odhadnuto, že je  $3.5 \times 10^{29}$  ( $10^{30}$ ) virů ve světovém oceánu



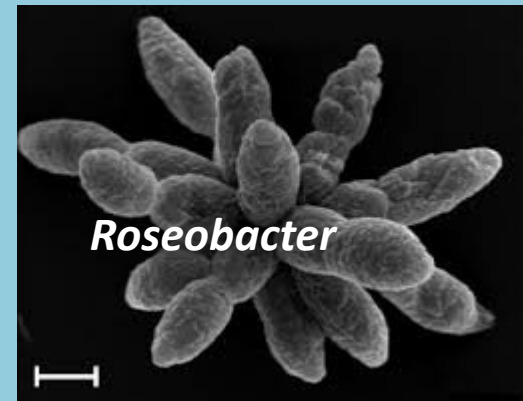
- **Pelagibacterales** - SAR11- člen skupiny  $\alpha$ -proteobakterií nalezen díky namnožení genů rRNA z téměř všech vzorků otevřených oceánů na světě a pomocí techniky FISH
- SAR11 je pojmenovaný po Sargasovém moři, kde byl poprvé nalezen
- malý genom, limitovány metabolické funkce
- oligotrofní, využívají rozpuštěný uhlík i dusík
- představuje celkově **25 až 50% prokaryotního společenstva v povrchových mořských vodách** v pobřežních vodách i na otevřeném oceánu
- Pelagiphage – nejrozšířenější virus v mořích!



[http://www.oneworlddoneocean.com/blog/entry/scientists\\_discover\\_worlds\\_most\\_abundant\\_virus\\_in\\_the\\_ocean](http://www.oneworlddoneocean.com/blog/entry/scientists_discover_worlds_most_abundant_virus_in_the_ocean)

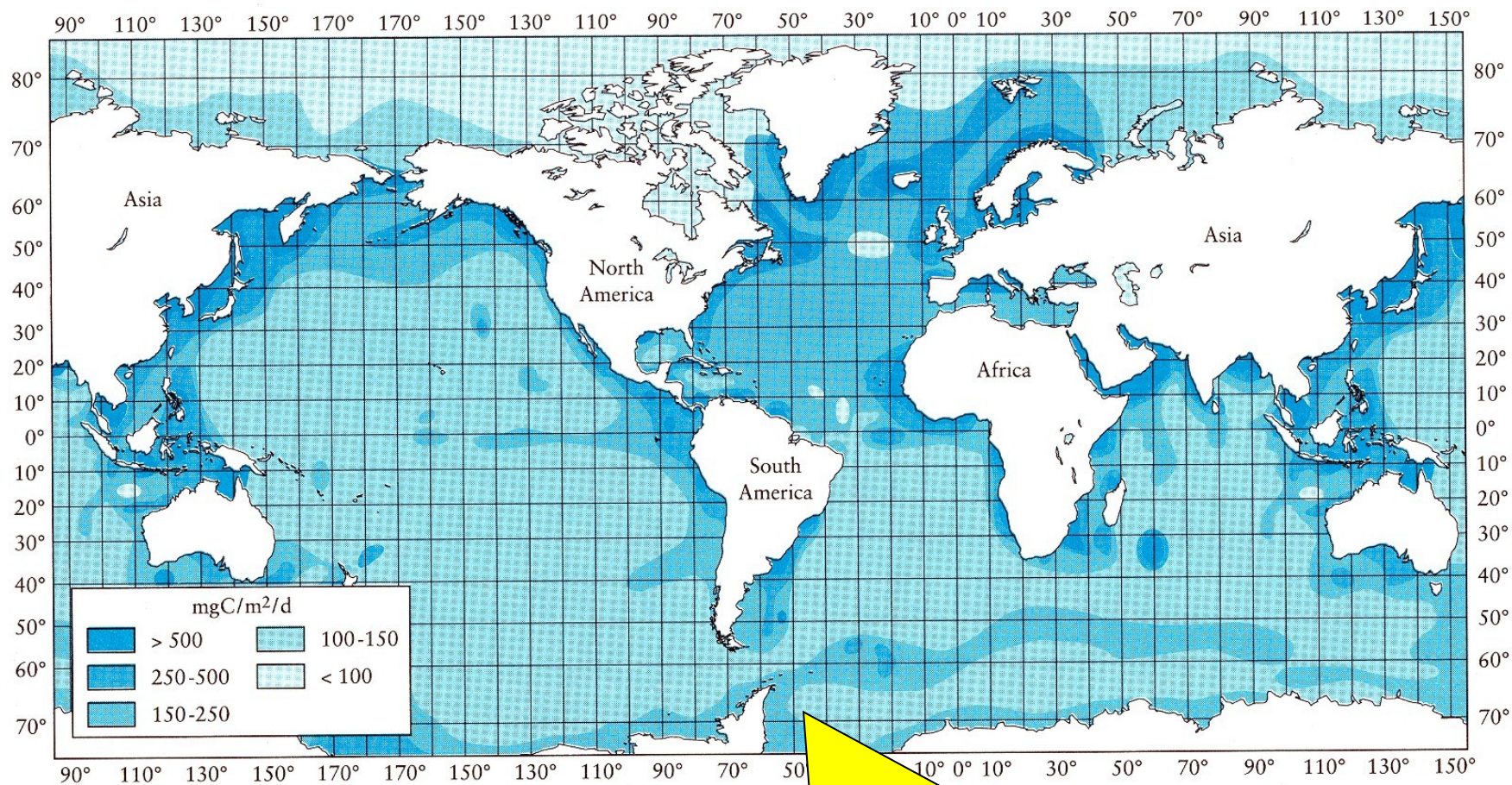
## pleuston

- organismy plovoucí na povrchu – bakterie a řasy
- nejvrchnější vrstva mořské ekosféry , vrstva povrchového napětí
- *Pseudomonas* a různé pigmentované rody jako *Erythrobacter*, *Erythromicrobium*, *Protaminobacter*, *Roseobacter*
- vyšší podíl bakterií pleustonu využívá karbohydráty než u bakterií nižších vrstev vody
- také populace primárních producentů, včetně sinic (*Trichodesmium*), rozsivek (*Rhizosolenia*) / a plovoucích Phaeophyta (*Sargassum*) /
- nezdá se, že by byl některý rod řas speciálně adaptován na život v pleustonu
- někdy jsou zde nalezeni reprezentanti hub a protozoí spolu s různými makroskopickými bezobratlými



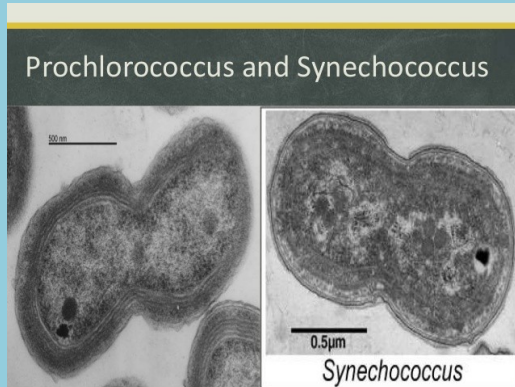


# Distribuce primární produkce ve světovém oceánu

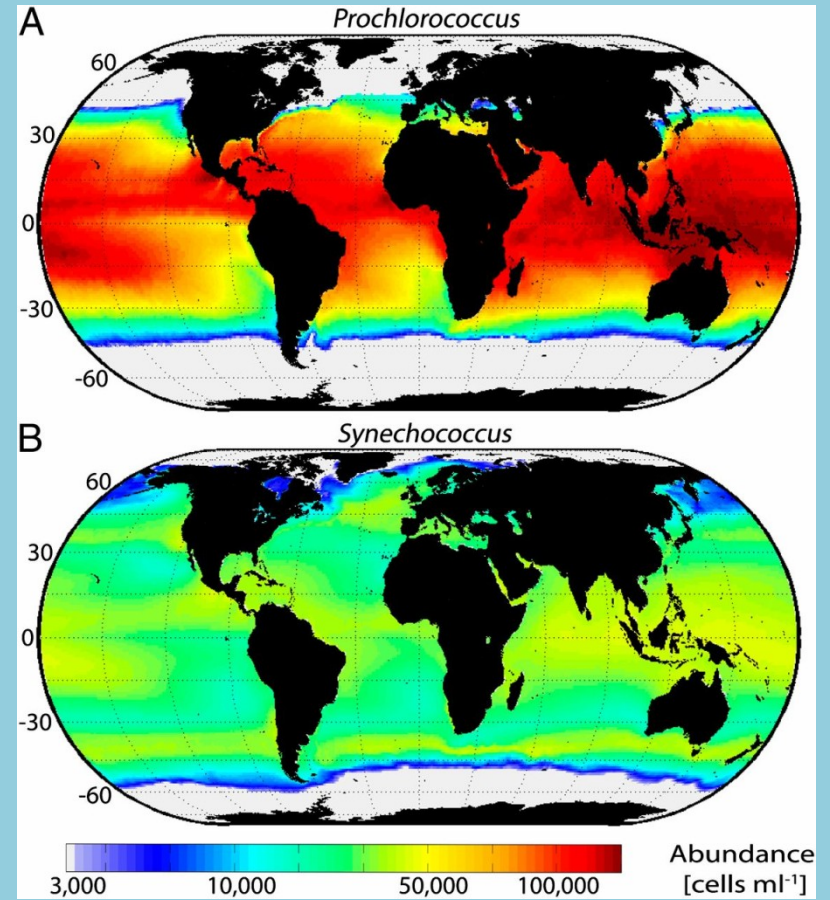
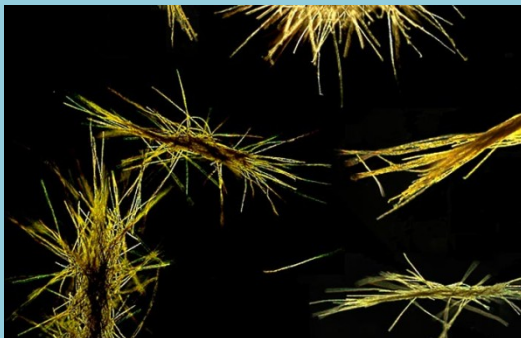


Nerovnoměrná distribuce

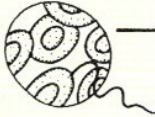
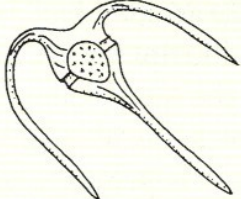

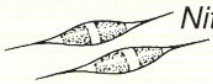

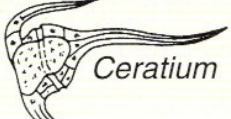
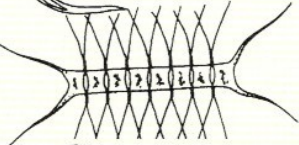
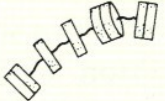
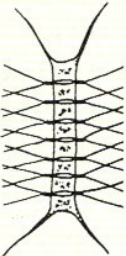
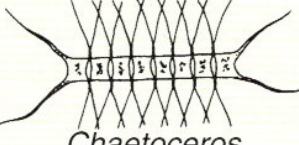



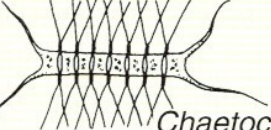
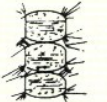

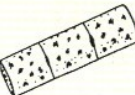
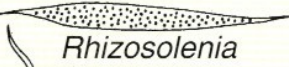
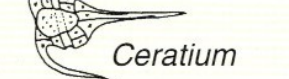
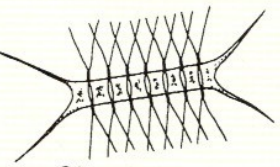

- nejběžnějšími rody sinic jsou *Prochlorococcus* a *Synechococcus* (oxygenní prokaryota obsahující chlorofyl *a*)
- mohou dosáhnout hustoty  $10^4$  to  $10^5$  buněk na mililitr na povrchu oceánů
- pikoplankton (0.2 - 2.0  $\mu\text{m}$ ) může představovat **20 až 80% celkové biomasy fykoplanktonu**



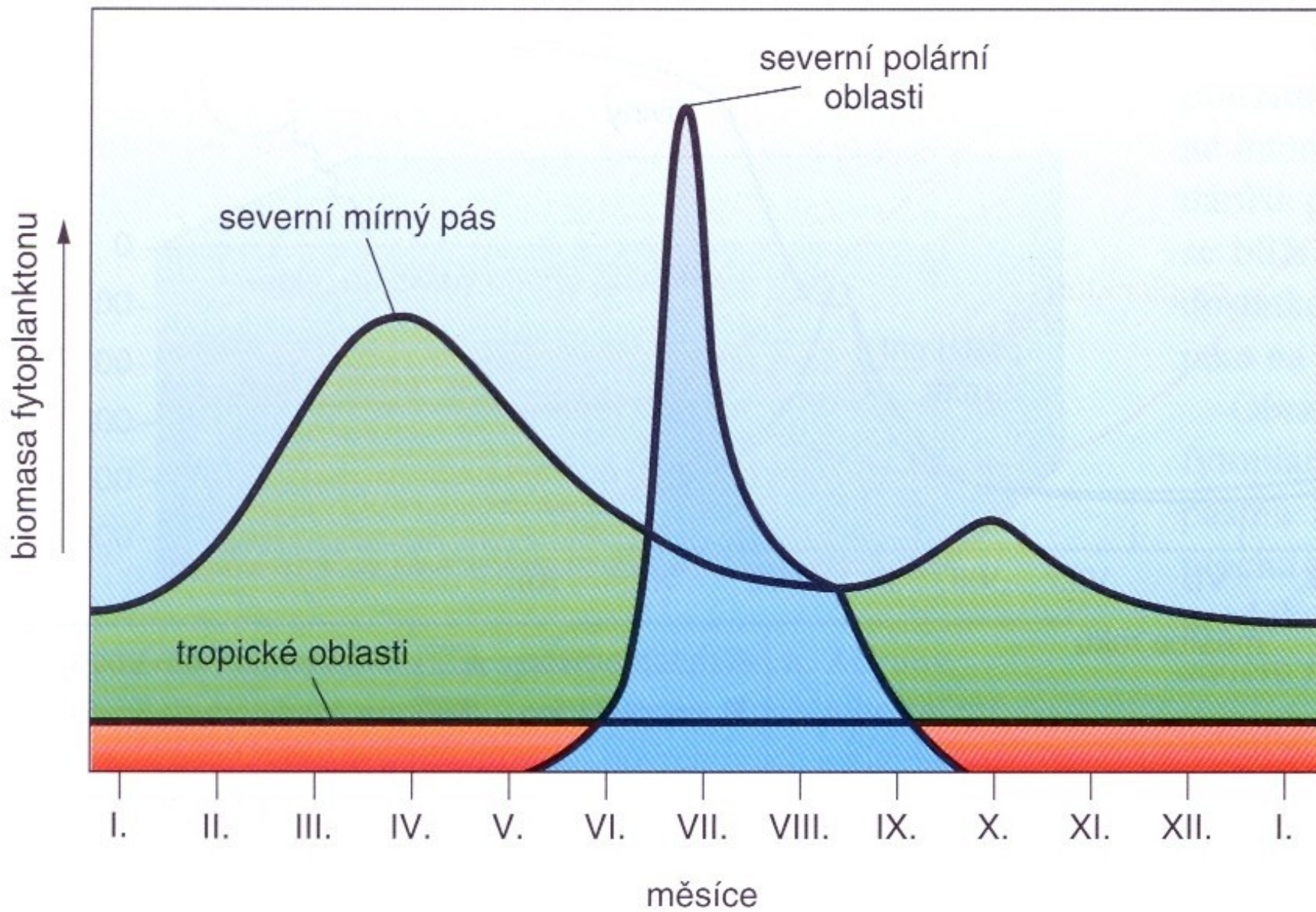
- v tropických a subtropických oceánech jsou také rozšířené planktonní mořské sinice *Trichodesmium* je **dusík fixující sinice** a fixace dusíku těmito mikroorganismy je hlavní vstup do koloběhu dusíku v mořském prostředí



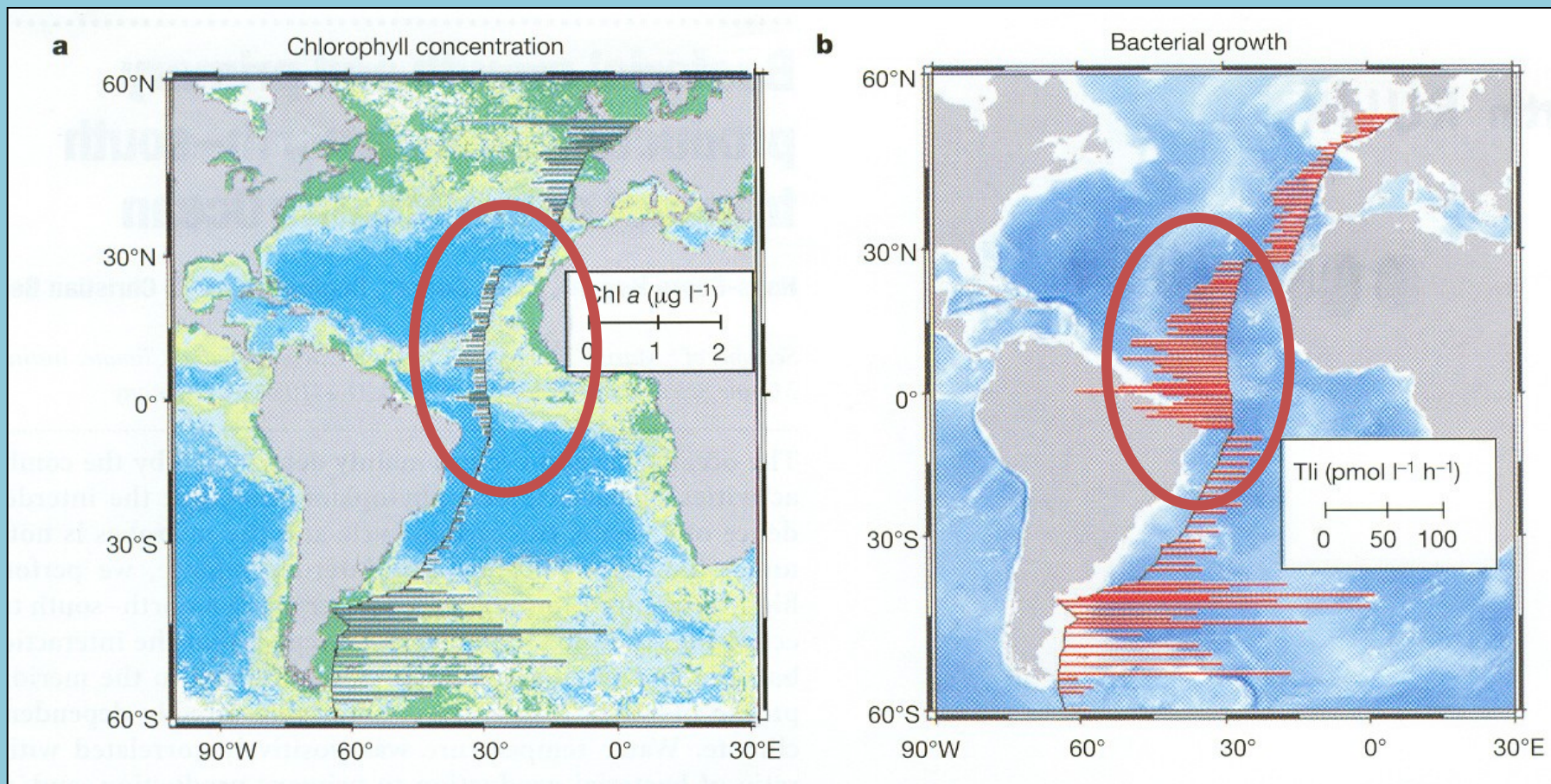
Sezónní posloupnost dominantních skupin fytoplanktonu v různých geografických oblastech.

 <p>Coccolithophore diatoms</p>	 <p>Dinoflagellates</p>	 <p>Coccolithophore</p>		<p>Sargasso Sea (tropical)</p>
 <p><i>Nitzschia</i></p>  <p><i>Fragilaria</i></p>	 <p><i>Ceratium</i></p>  <p><i>Chaetoceros</i></p>			<p>E. Greenland (polar)</p>
 <p><i>Thalassiosira</i></p>  <p><i>Chaetoceros</i></p>	 <p><i>Chaetoceros</i></p>  <p><i>Skeletonema</i></p>	 <p><i>Skeletonema</i></p>	 <p><i>Coscinodiscus</i></p>	<p>Gulf of Mexico (warm temperate)</p>
 <p><i>Chaetoceros</i></p>  <p><i>Lauderia</i></p>  <p><i>Thalassiosira</i></p>	 <p><i>Guinardia</i></p>  <p><i>Rhizosolenia</i></p>  <p><i>Ceratium</i></p>	 <p><i>Chaetoceros</i></p>	 <p><i>Coscinodiscus</i></p>	<p>Irish Sea (cold temperate)</p>
<p>Spring</p>	<p>Summer</p>	<p>Fall</p>	<p>Winter</p>	

Srovnání produktivity polární oblasti, mírného pásu a tropů na severní polokouli.

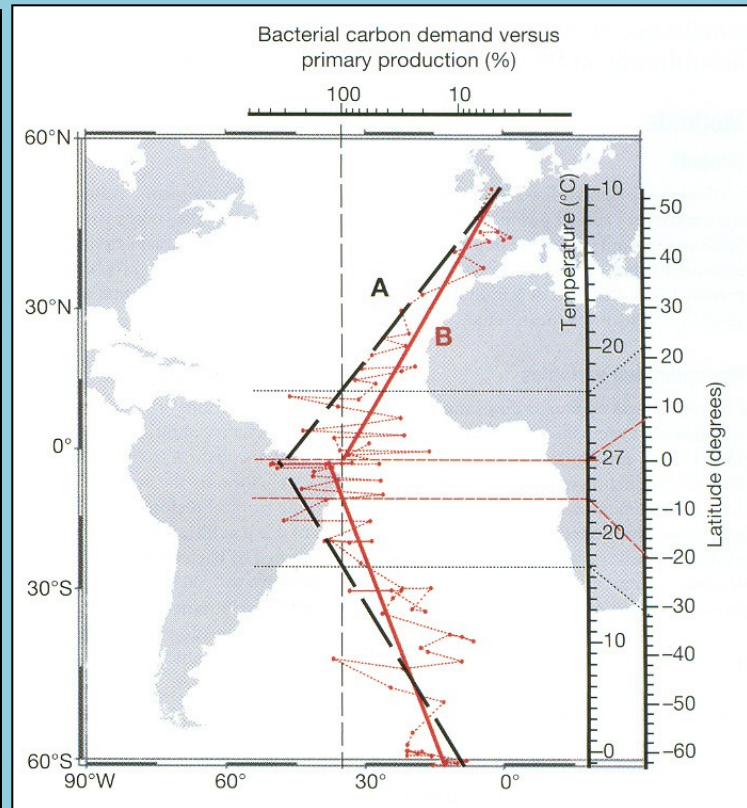
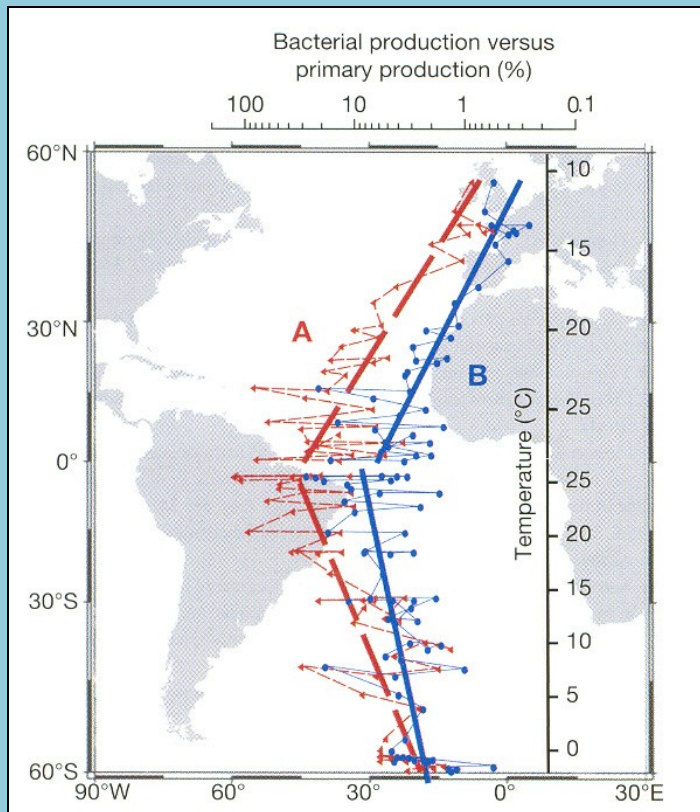


## Mikroorganismy v Atlantickém oceánu



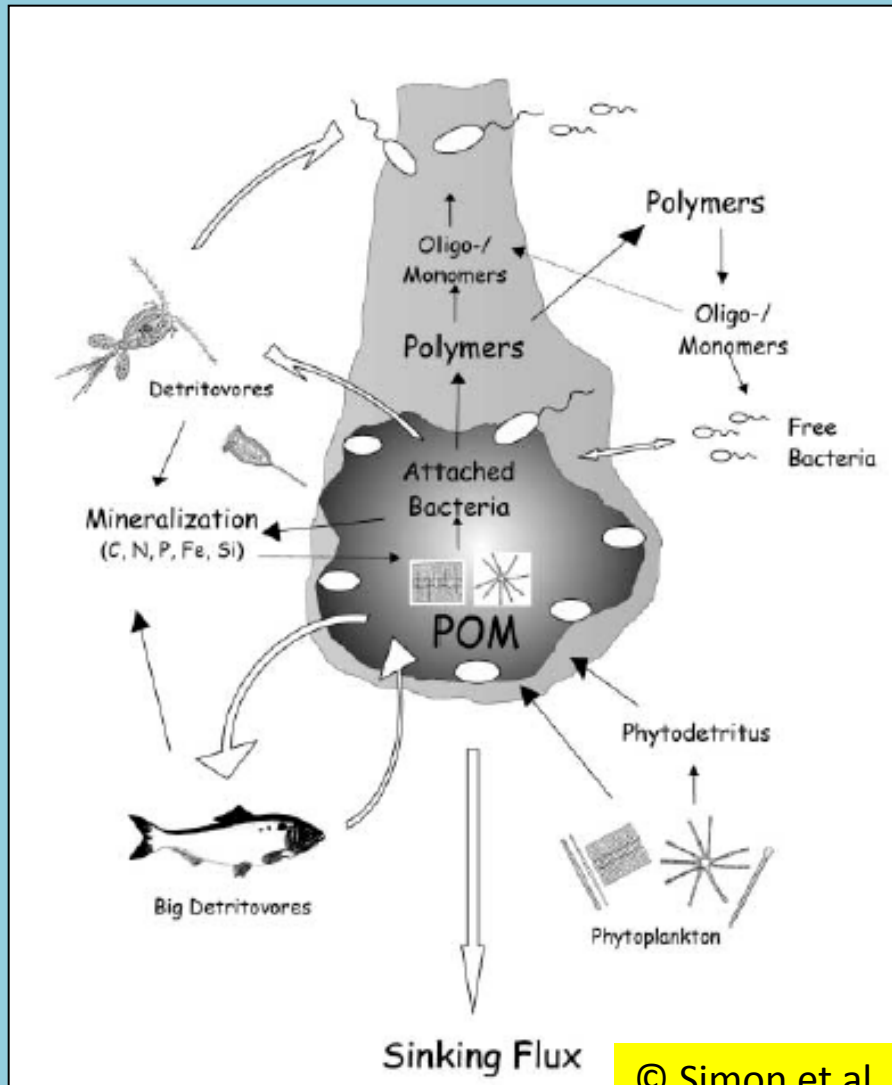
V pásu od 8° severní šířky (27°C) po 20° jižní šířky (23°C) se vyskytuje čistá heterotrofie, to znamená že, **bakteriální požadavky na uhlík + respirace převyšují fixaci uhlíku fytoplanktonem**

To znamená, že se v těchto oblastech **uvolňuje CO<sub>2</sub> do atmosféry** (Hoppe et al. 2002)



## MOŘSKÝ SNÍH

Jednoduché zobrazení mořského sněhu a vztahu mezi různými makro a mikroorganismy.



Mořský sníh je kontinuální sprcha většinou organického detritu v hlubokém oceánu padajícího z horních vrstev vodního sloupce Jeho původ je v **pochodech v produktivní fotické zóně**

Mořský sníh obsahuje mrtvé nebo živé živočichy a rostliny (plankton), jednobuněčných (rozsivky), fekální materiál, písek a další anorganický materiál...

Tyto agregáty rostou během času a **mohou dosáhnout centimetrů v průměru**, cestují týdny než dosáhnou oceánského dna



**Hlubokomořské organismy silně závisí na mořském sněhu jako na zdroji energie**



Částička mořského sněhu zachycená v 55 metrech v Monterey Bay, Kalifornii.

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/marinesnow.html>



Organismy které osidlují hluboké moře čelí třem hlavním extrémům prostředí:

(a) nízká/vysoká teplota; (b) **vysoký tlak**, a (c) nízký obsah živin

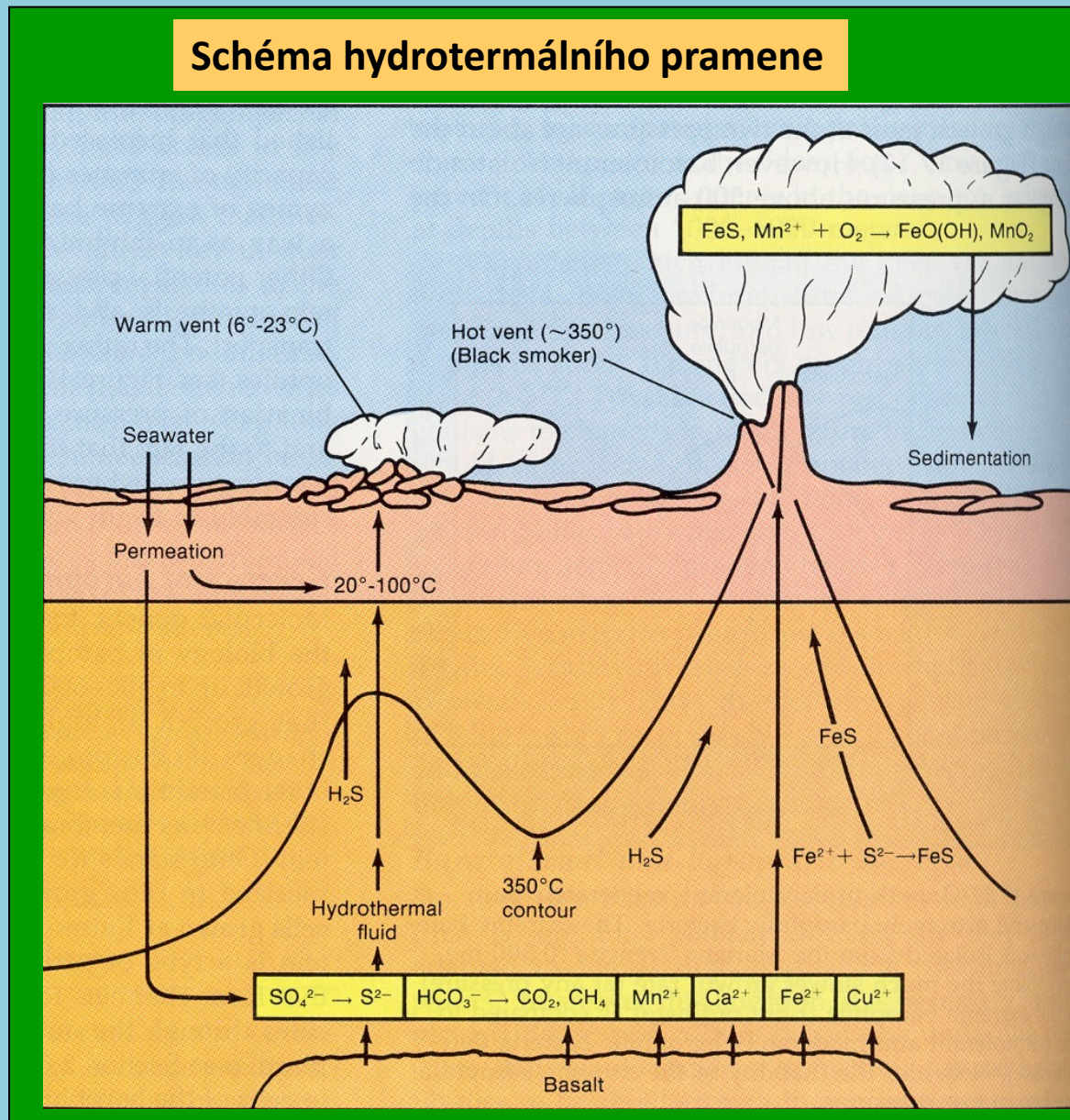
Hlubokomořské mikroorganismy musí být schopné také **odolat enormnímu hydrostatickému tlaku spojenému s velkou hloubkou.**

Tlak vzrůstá o **1 atm na každých 10 m hloubky**. Takže organismy žijící v **hloubce 5000 m** musí být schopné odolat tlaku **500 atm**.



# Hydrotermální prameny

- geologicky jsou tyto prameny spojeny s riftovými zónami mořského dna
- magma blízko mořského dna
- voda pronikající puklinami je míchána s horkými minerály a je vypouštěna z pramene
- chemická analýza hydrotermální kapaliny ukázala velké množství redukovaných anorganických materiálů, včetně  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Mn}_2^+$ ,  $\text{H}_2$  a  $\text{CO}$
- živočichové jsou závislí na aktivitě chemolitotrofních bakterií, které rostou na uvolněné anorganické energii z pramenů.



# Sladkovodní ekosystémy

- „limnetický“
- limnologie: stojící voda – lentický habitat  
tekoucí voda – lotický habitat
- nejsvrchnější vrstva hydrosféry- povrchová mikrovrstva
- je rozhraním mezi hydrosférou a atmosférou
- vysoké povrchové napětí
- v klidných podmínkách mikroorganismy tvoří film nazývaný neuston



# Neuston

343

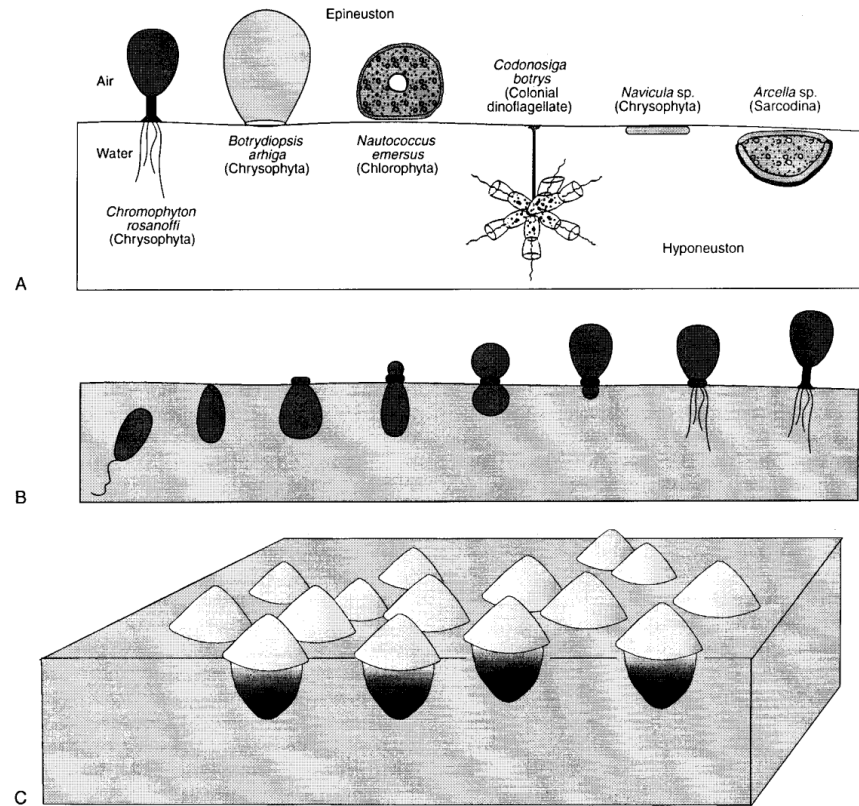
- kolem povrchu: více světla, O<sub>2</sub>
- vrstva obohacená o živiny (a mikroby – i spásání)

## epineuston

- hydrofobní deštníček

## hyponeuston

- Řasa *Chromophyton rosanoffi*
- Zelené řasy *Chlorophyta*
- kolem povrchu: více světla, O<sub>2</sub>

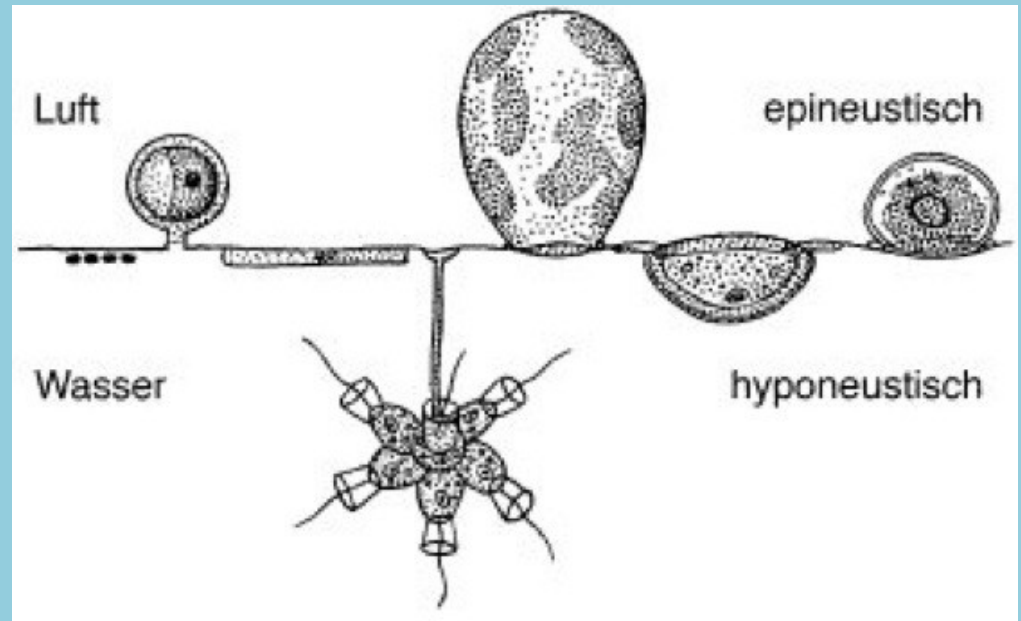
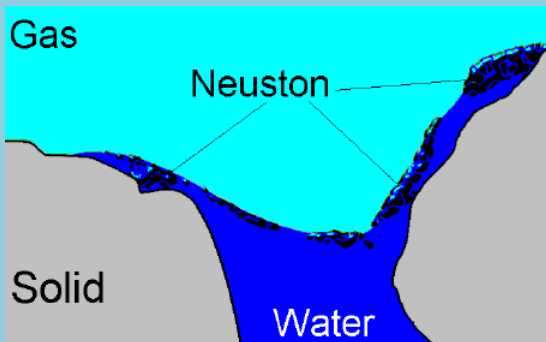


**Figure 9.11**

Illustration of the neuston. (A) The surface tension layer acts as the attachment point for microorganisms that position themselves either above (epineuston) or below (hyponeuston) this layer. In either case, algae have unlimited access to sunlight and CO<sub>2</sub>, yet also keep in contact with the water. Heterotrophs benefit from nutrients such as hydrophobic organics enriched in the surface layer and from free access to oxygen. Grazers benefit from the concentrated biomass. (B) The surface tension layer is not only an attachment point but also a barrier that is difficult to cross. The *Chromophyton rosanoffi* life cycle involves a free-swimming flagellated stage. After contacting the surface tension layer, the flagella are lost and a hydrophobic doughnut-shaped droplet is formed. The cell slips through the hole of the "doughnut" and positions itself on the top of it as an epineuston organism. Protoplasmic filaments (rhizids) maintain contact with the water. (C) Microscopic landscape of the water surface with cells of *Chremastochloris conus* (Chlorophyta). Their hydrophobic umbrella is positioned above the surface layer, and the rest of the cell is immersed in the water. (Source: Valkanov 1968.)

# Neuston

- vyhledávaný habitat pro fotoautotrofní mikroby (CO<sub>2</sub> a světlo)
- některé minerální živiny a kovy jsou obohacené v této vrstvě
- také zde prospívají sekundární producenti využívající nepolární organické látky, které se akumulují ve vrstvě povrchového napětí a kyslík
- mikrobiální počty zde 10-100x vyšší než ve vodním sloupci pod touto vrstvou
- bubliny procházející touto vrstvou a praskající zde hrají významnou roli v transportu voda-vzduch u bakterií a virů

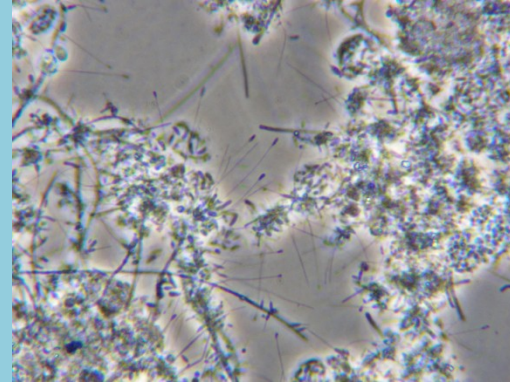


## Neuston – pokr.

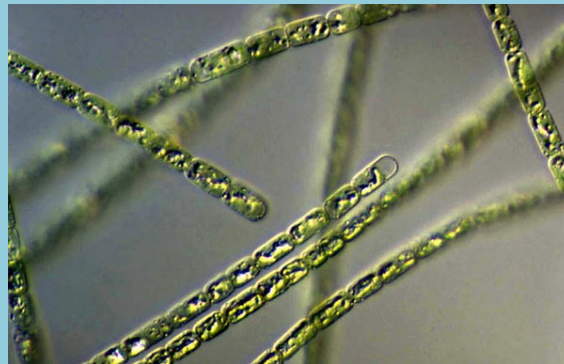
- Charakteristická autochtonní mikroflóra neustonů: řasy, bakterie, houby a protozoa
- Bakterie - *Pseudomonas*, *Caulobacter*, *Nevskia*, *Hyphomicrobium*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Brevibacterium*, *Micrococcus*, *Leptotrix*
- Sinice - *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*



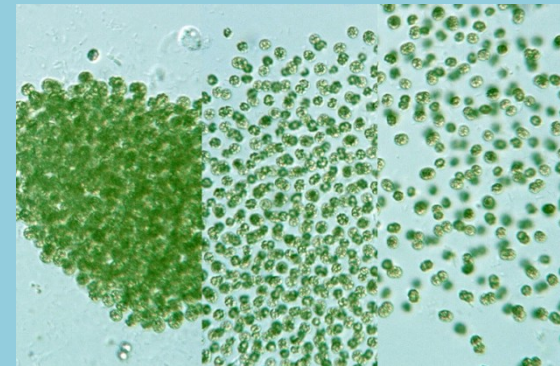
***Leptotrix***



***Hyphomicrobium***

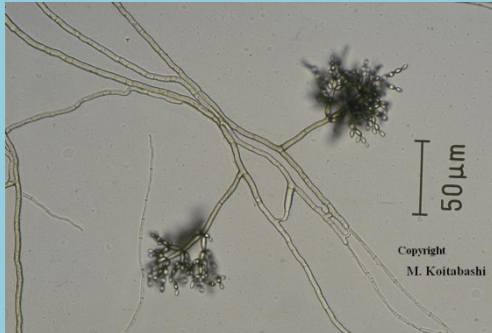


***Aphanizomenon***

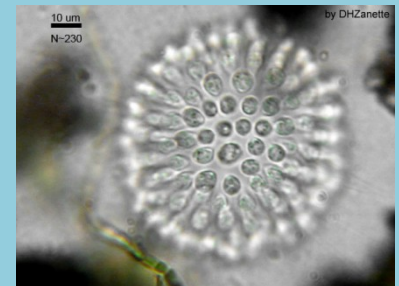


***Microcystis***

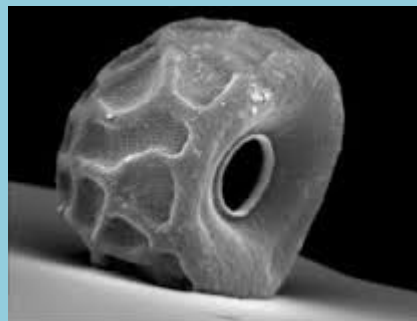
- **Houby - filamentózní *Cladosporium*, četné kvasinky**



- **Řasy - *Chromulina*, *Botrydiopsis*, *Codosiga*, *Navicula*, *Nautococcus*, *Proterospongia*, *Sphaeroeca*, *Platychrisis***

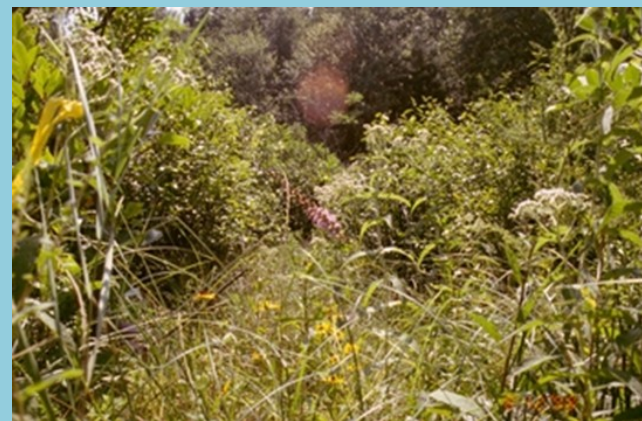
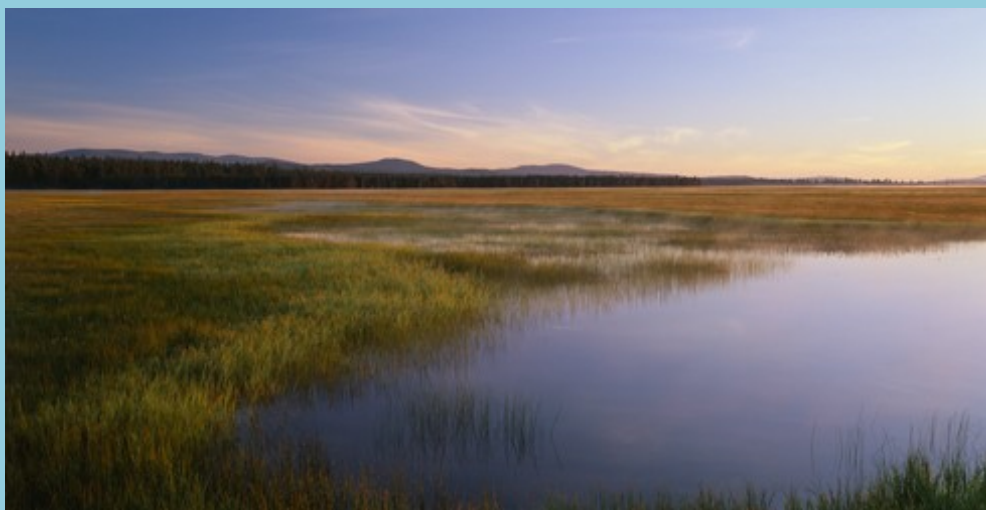


- **Protozoa - *Diffflugia*, *Vorticella*, *Arcella*, *Acineta*, *Clathrulina*, *Stylonychia*, *Codonosigna***



# Mokřady

- mělké vodní environmenty dominované vynořujícími se rostlinami
- vznik za různých klimatických podmínek ve špatně odvodněných mělkých pánvích, často postupným zaplnění jezer nánosy a rostlinami
- vodní povrch často skryt rostlinami, které slouží jako základ pro klasifikaci těchto prostředí:
  - mokřady s dominancí trav (angl. marsh)
  - na minerály bohaté mokřady s neutrálním až alkalickým pH
  - dominance rákosů (angl. fens)
  - mokřady pokryté hustým porostem vrb, svíd a bříz (angl. shrub-carrs)





- zalesněné mokřady (angl. swamps) – vysoké konifery nebo listnáče vytváří korunovou klenbu (canopy)
- produkce mokřadních rostlin je vysoká, ale biodegradace rostlinných polymerů, zvl. lignocelulózu, je inhibována zaplavením vodou a podmínkami omezeného přístupu kyslíku – akumulace částečně humifikovaných rostlinných zbytků – až tvorba uhlí
- při poklesu vodní hladiny tvorba rašeliny



# Vrchoviště

- rašeliniště s nevýznamnými přítoky a odtoky a výskytem acidofilních druhů organismů (*Sphagnum* - rašeliník) – angl. bogs
  - v chladném vlhkém klimatu obvykle v mělkých kamenných pánvích
  - tlusté vrstvy (rohože)
  - v porovnání s ostatními mokřady je produktivita nízká



- spodní vrstvy mechu odumírají – ale anaerobní a kyselé podmínky silně omezují biodegradaci a rašelina se akumuluje
- *Sphagnum* drží vodu kapilárními silami tak účinně, že může vyrůst mnohem výš, než je vlastní okraj pánve
- jak mech roste, nemůže získávat živiny z vody tekoucí přes jeho povrch a je efektivně izolován od půdy a podkladové horniny silnou vrstvou rašeliny – živiny jen z atmosféry a deště – stane se ombrotrofické
- mokřady a slatiny obzvláště jsou zajímavé environmenty – cyklus C je silně omezen částečně díky anaerobním a kyselým podmínkám
- dalším faktorem jsou fenolické a polyfenolické látky z nedokonalého rozkladu rostlinných tkání



# Jezera

- kombinovaná litorální a limnetická zóna – euphotická zóna
- zde dostatek světla pro fotosyntézu

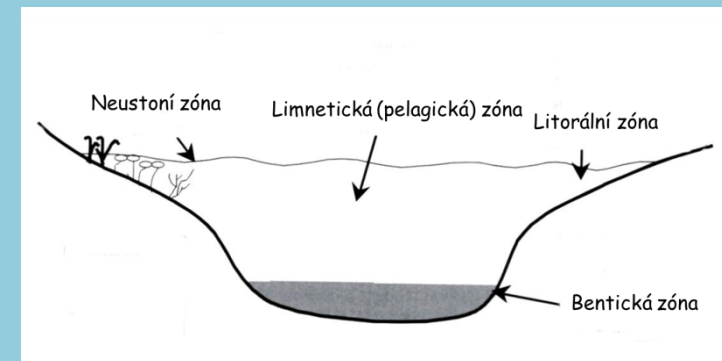
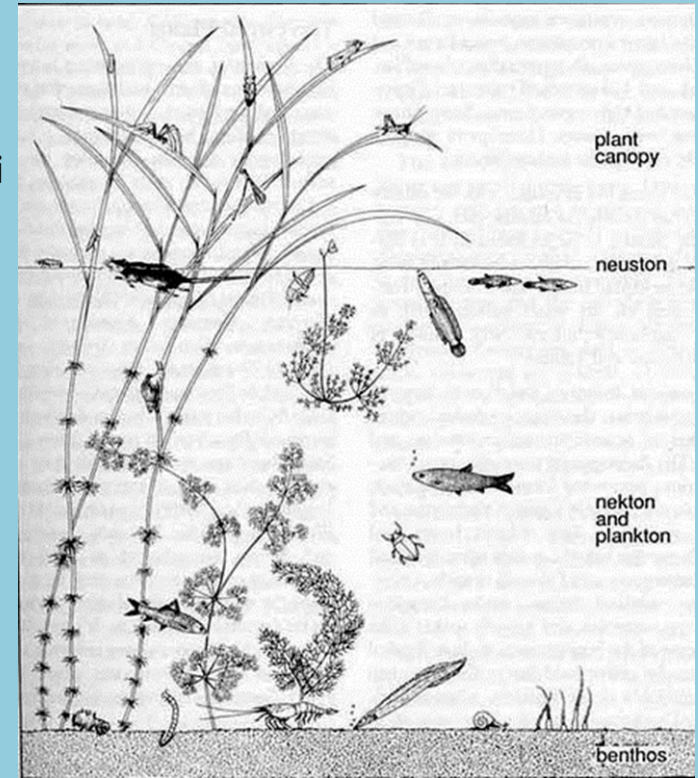
**litorální zóna** (pobřežní zóna)– světlo proniká až na dno, dominance (částečně) ponořenými vyššími rostlinami a ukotvenými a vláknitými a parazitickými (epiphytic) řasami

## limnetická zóna (volná voda)

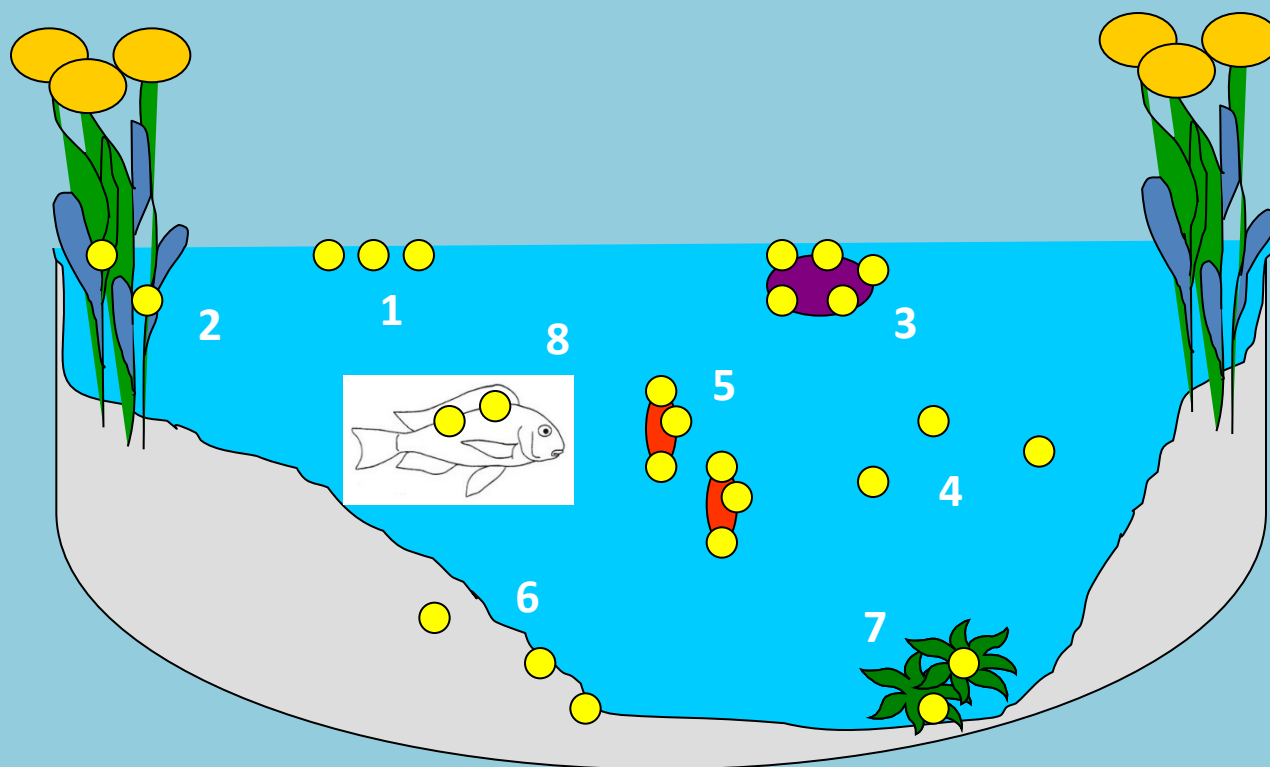
- dom. prim. producenty jsou planktonické řasy – otevřená vodní plocha
- sestupuje až do úrovně označované jako kompenzační hloubka – zde ještě je fotosyntéza v rovnováze s respirací
- všeobecně jde o hloubku, kam proniká 1% plné sluneční intenzity

## hloubková zóna (profundal zone) –

- neexistuje v mělkých rybnících – neproniká zde využitelné světlo

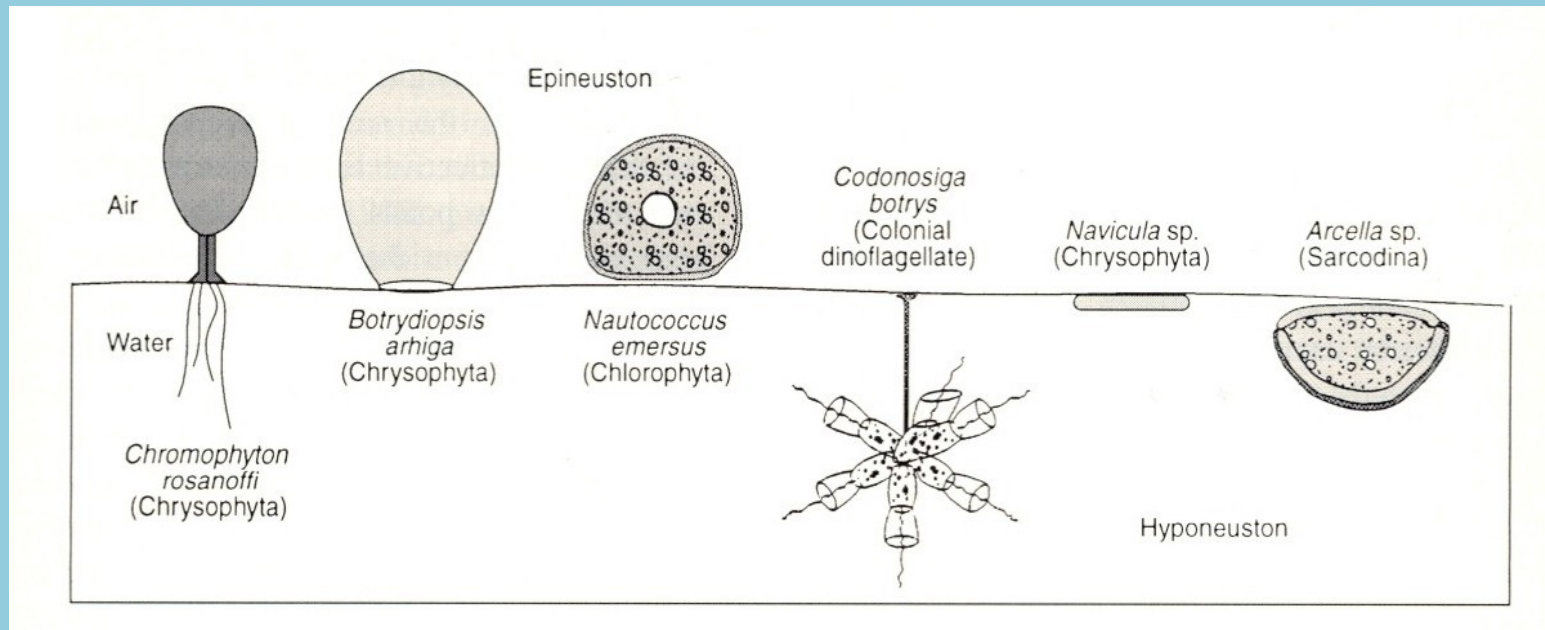


## Hlavní místa výskytu bakterií v jezeře

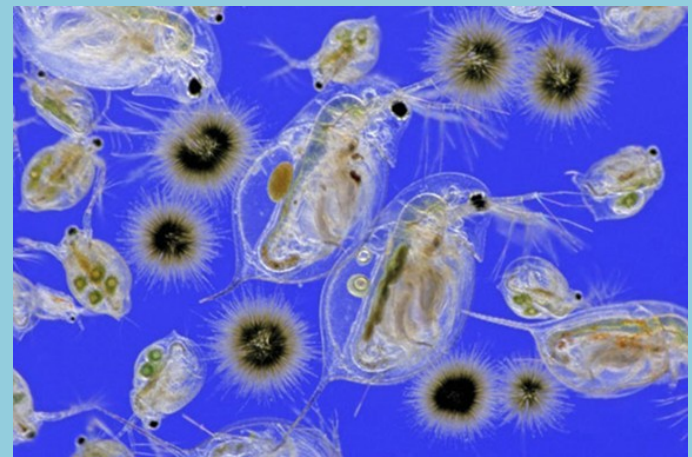


1 – neustonní vsrtva; 2 – ponořené rostliny (epifytické bakterie); 3 – plovoucí rostliny; 4 – volně suspendované ve vodním sloupci; 5 – jezerní sněh; 6 – dnové sedimenty; 7 – uvolňující se listy ponořených rostlinách; 8 - epibionti

# Ilustrace neustonů



Vrstva povrchového napětí je místo na přichycení pro mikroorganismy, jejichž pozice může být nad (epineuston) nebo pod (hyponeuston) touto vrstvičkou. V obou případech mají řasy neomezený přístup ke světlu a  $\text{CO}_2$ . Heterotrofové mají prospěch ze živin jako jsou hydrofobní organické látky v povrchové vrstvě a z přístupu ke kyslíku. Spásáči mají zase prospěch z koncentrované biomasy.

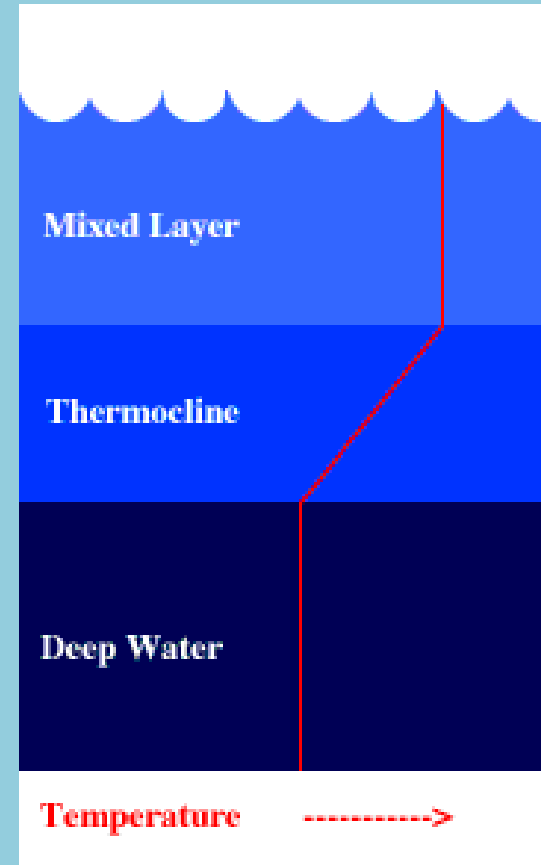


# Jezera – pokr.

- podmínky v eufotické zóně přejí růstu fotoautotrofů
- organismy v hloubkové zóně – hlavně sekundární producenti většinou závislí na transportu organických látek z vyšších vrstev
- bentický habitat podporuje růst mikrobů – částice živin sedimentují a koncentrují se na povrchu bentického sedimentu
- povrch sedimentu může být aerobní – aerobní dekompozice akumulovaných organických živin
- anaerobní rozklad – na a pod povrchem sedimentů, kde je kyslík vyčerpán – kyslík difunduje jen velice pomalu do pórů sedimentů vyplněných vodou a oxidace organických látek rychle využije přítomný kyslík
- spodní část vodního sloupce v mnohých sladkovodních jezerech se stává sezónně anaerobní – teplá voda má nižší hustotu
- na jaře slunce zahřeje povrchovou vrstvu vody – vytvoří se epilimnion
- tato vrstva je oddělena od spodní studené vrstvy – hypolimnion teplotním gradientem – ten charakterizován rychlým poklesem teploty – jen malé míšení vody

# Termoklina

- přechodná vrstva mezi promíchávanou vrstvou na povrchu a hlubokou vodou
- vrstvy se definují na základě teploty
- promíchávaná vrstva – blízko povrchu, teplota se blíží povrchové vrstvě
- termoklina – rychlé snižování teploty z teploty promíchávané vrstvy na teplotu hluboké vody
- promíchávaná vrstva a hluboká voda mají relativně vyrovnanou teplotu
- termoklina představuje jejich přechodnou zónu





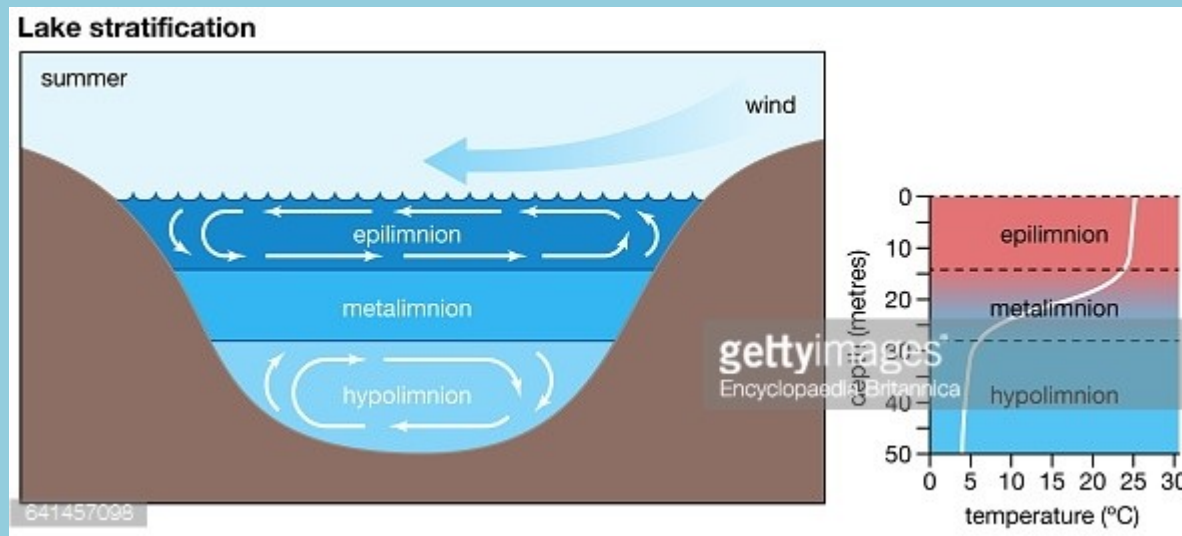
# Stratifikace vody v jezerech

## epilimnion

- v létě teplý a bohatý na kyslík
- intenzivní fotosyntetická produkce vyčerpá minerální živiny až na úroveň limitující primární produkci

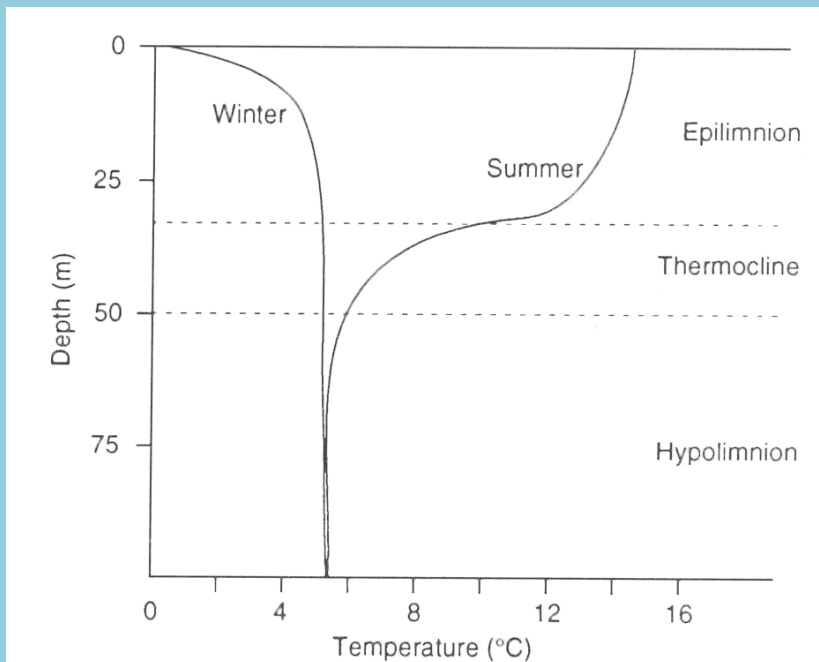
## hypolimnion

- zóna vody pod termoklinou – nízká teplota a koncentrace kyslíku
- špatné pronikání světla limituje fotosyntézu a respirace vyčerpá přítomný kyslík
- na minerální živiny dost bohaté
- na podzim, s ochlazováním epilimnionu na teplotu hypolimnionu, se termoklina rozpadne – výsledkem je úplné promíchání jezerní vody
- touto cestou je hypolimnion znovu oxidován a minerální živiny doplněny v epilimnionu



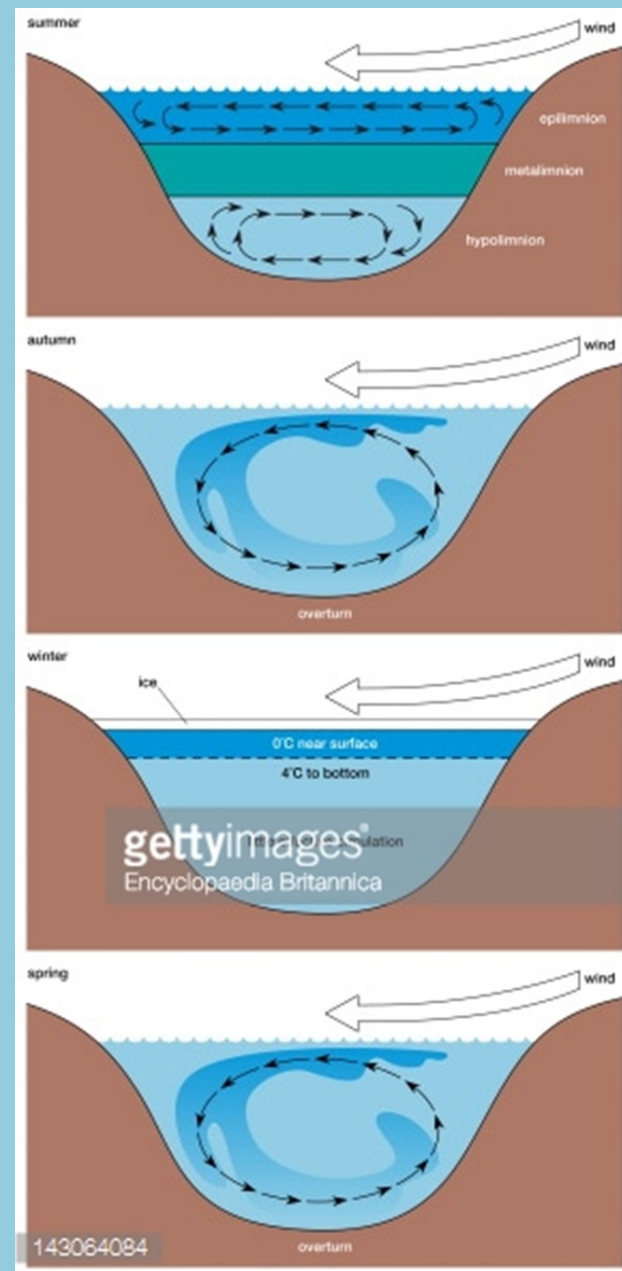
## Stratifikace vody v jezerech

- Promíchání: jaro a podzim

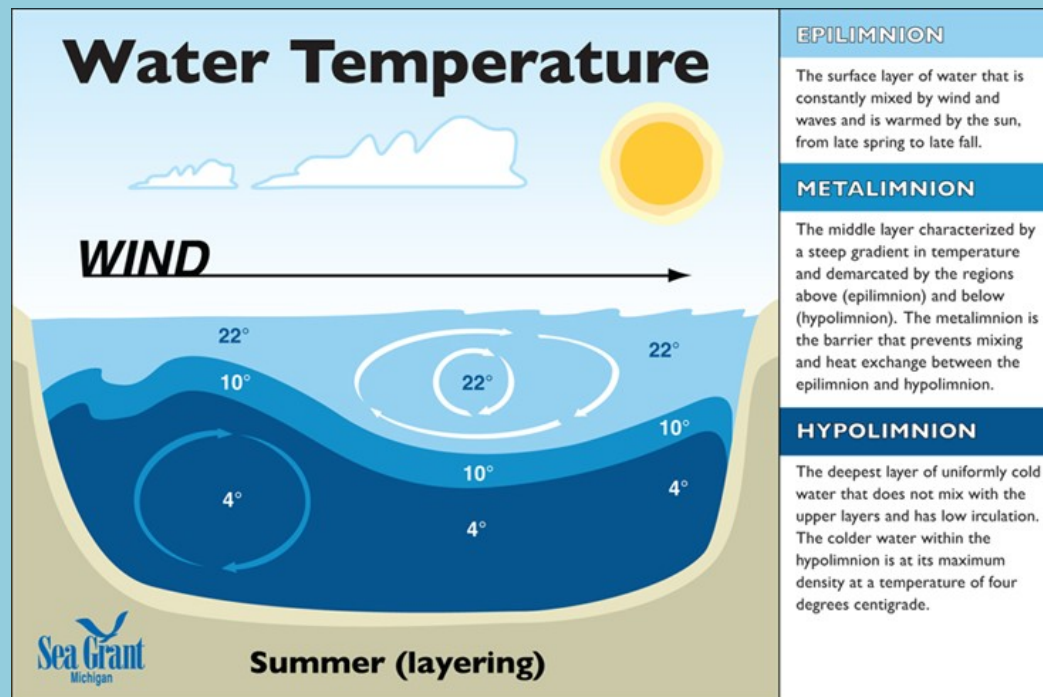


**Figure 9.14**

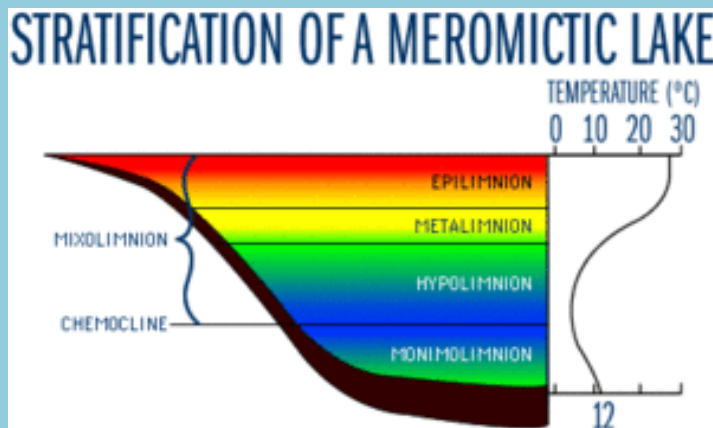
Typical stratification of a lake in the temperate climate zone during the summer and winter periods, showing the profile of the temperature with depth. During spring and fall, stratification breaks down, resulting in complete mixing (turnover) of the lake water.



- voda – termální anomálie – nejvyšší hustota vody je při 4oC
- jakmile celé jezero dosáhne této teploty, povrchová voda ochlazená pod 4o C neklesne, ale zůstane na povrchu a zmrzne
- izolace celého jezera proti dalšímu ochlazování a ochrana vody ve hloubce, aby jezero nepromrzlo až na dno
- v zimě se může vyvinout slabá stratifikace : epilimnion 0-4o C a pod ním hypolimnion 4o C
- na jaře tato stratifikace zaniká a postupně se vyvíjí letní stratifikace
- termální stratifikace má velký vliv na sezónní dostupnost a požadavky na minerální živiny

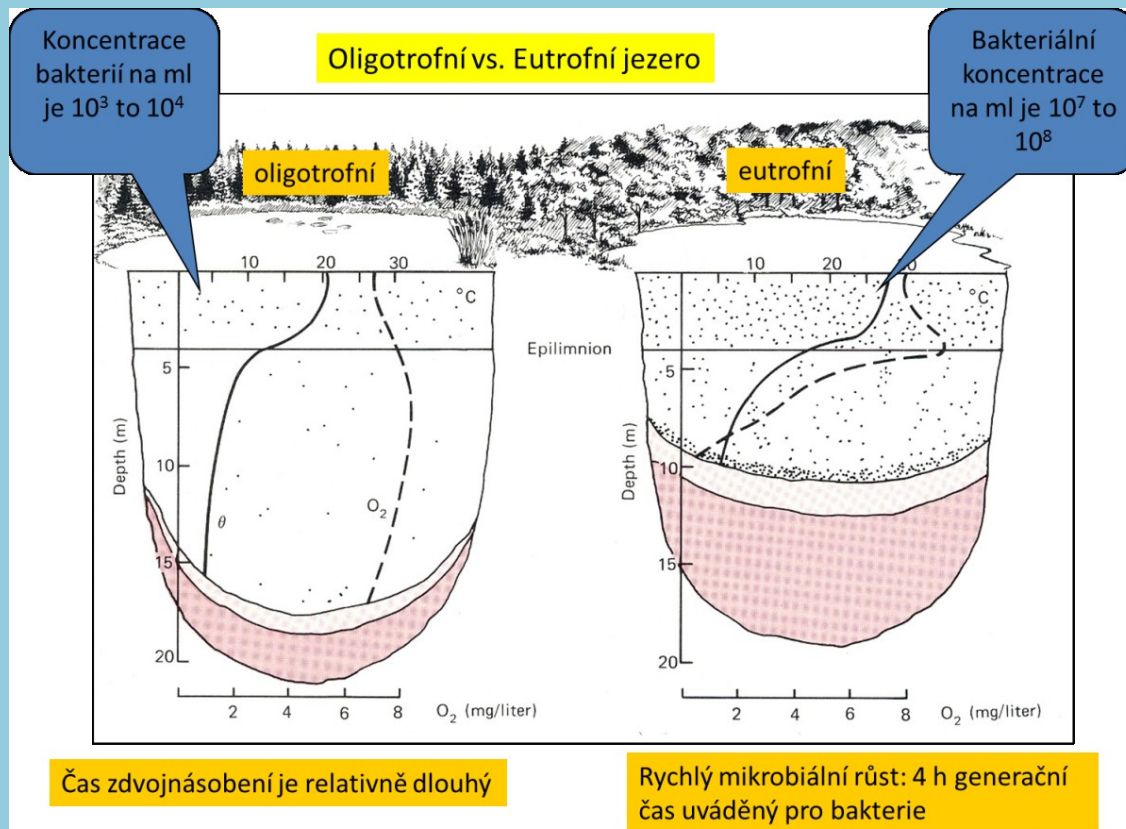


- efekt stratifikace na koncentraci a čas obratu (turnover) fosforu
  - delší v zimě než v létě
  - v létě v řádu minut
  - dostatek rozpuštěného fosforu je na jaře na počátku růstu fytoplanktonu
- v některých vodních masách – speciální hydrografické podmínky udržují stálou termoklinu bez sezónních vlivů
- toto je časté, když je hustý slaný hypolimnion převrstven méně slaným a řidším epilimnionem - **chemoklina**
- hypolimnion je pak stabilně anaerobní a tak nevhodný pro vyšší formy života.
- Černé moře – jeho název asi odvozen od barvy sedimentů způsobené anaerobní redukcí sulfátů



# Klasifikace jezerních habitatů na oligotrofní a eutrofní

- založeno na produktivitě a koncentraci živin
- **oligotrofní** – nízká koncentrace živin
- většinou hluboká jezera s větším hypolimnionem než epilimnionem a relativně nízkou primární produkcí
- **eutrofická jezera** – vysoká koncentrace živin, mělčí, teplejší a vyšší intenzity primární produkce;
- koncentrace kyslíku vykazuje denní fluktuaci – vysoká aerobní dekompozice během noci;
- mnoho lovných ryb nesnáší tuto fluktuaci a jsou nahrazeny odolnějšími druhy



## Důležité parametry jezer

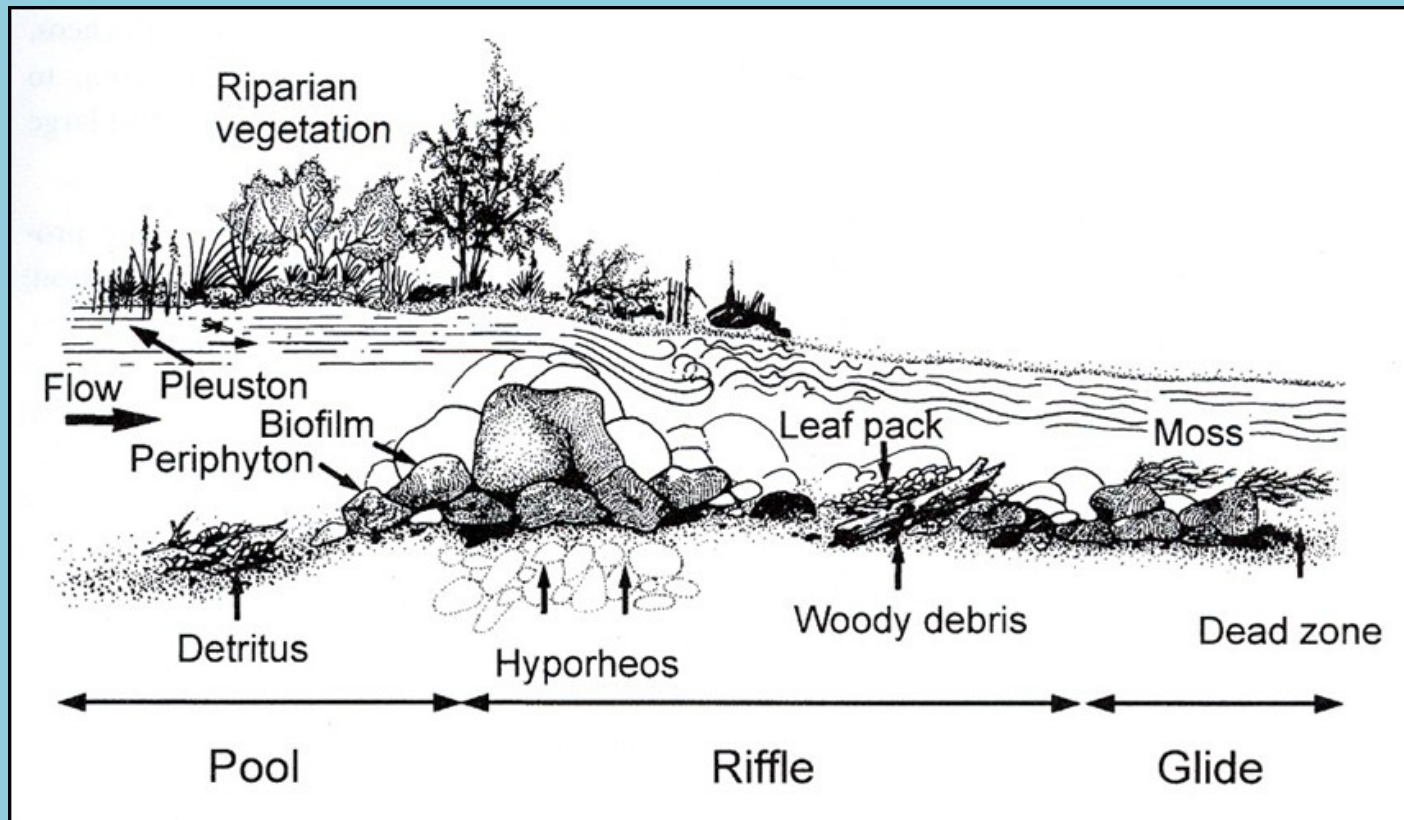
- z hlediska jejich (ne)vhodnosti pro mikroby:
  - koncentrace organických živin a kyslíku
  - koncentrace anorganických živin (zvl. N a P) – i vliv výměny látek mezi okolní litosférou a vodami jezera a biologických aktivit (poutání a uvolňování živin)
  - pH – při zachování ostatních konstantních podmínek (vyšší pH podporuje vyšší primární produkci)
  - koncentrace soli



# Řeky

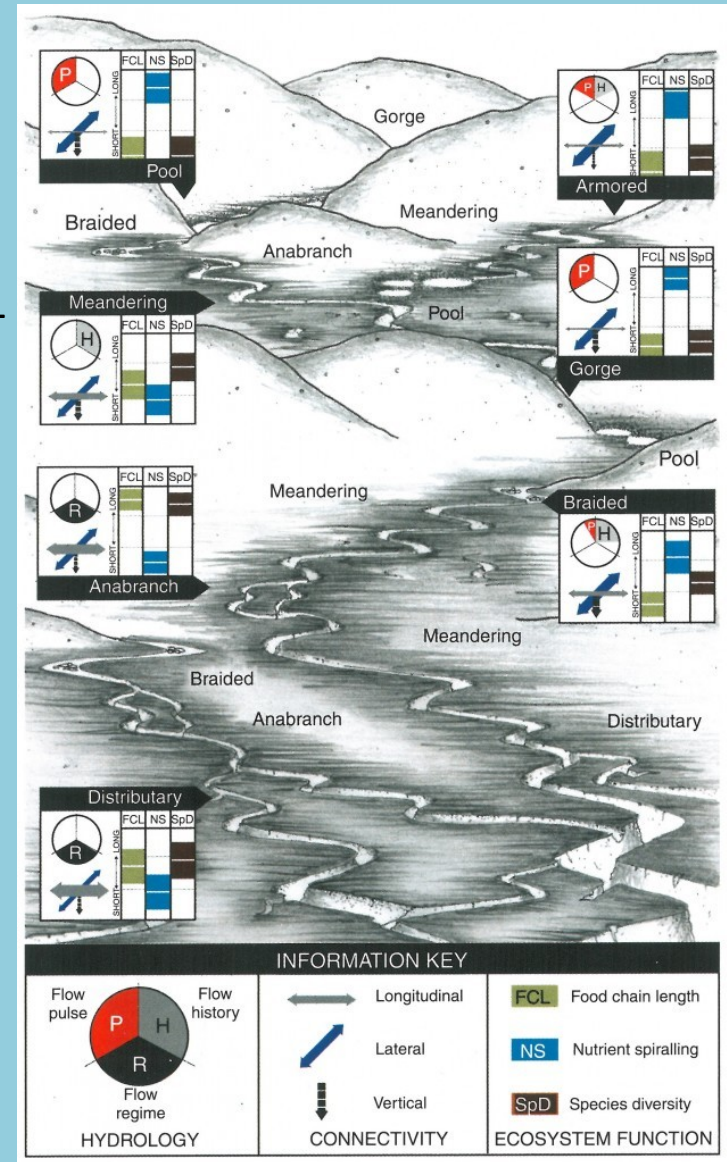
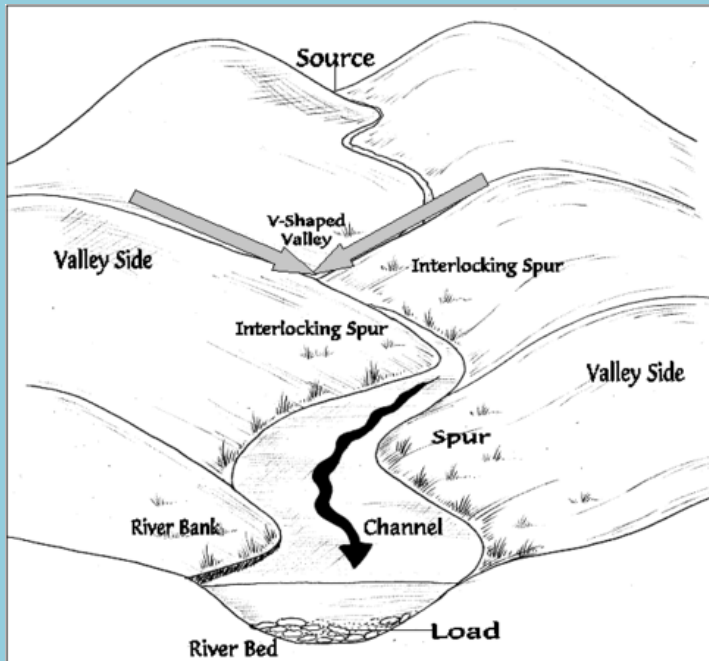
Rozdílné od jezer:

- tekoucí voda – zóny s rychlým proudem a tůň s menším pohybem (depozice sedimentů)
- vysoký stupeň propojení s litosférou břehů – transfer chemikálií z litosféry s dešťovou vodou a erozí z břehů



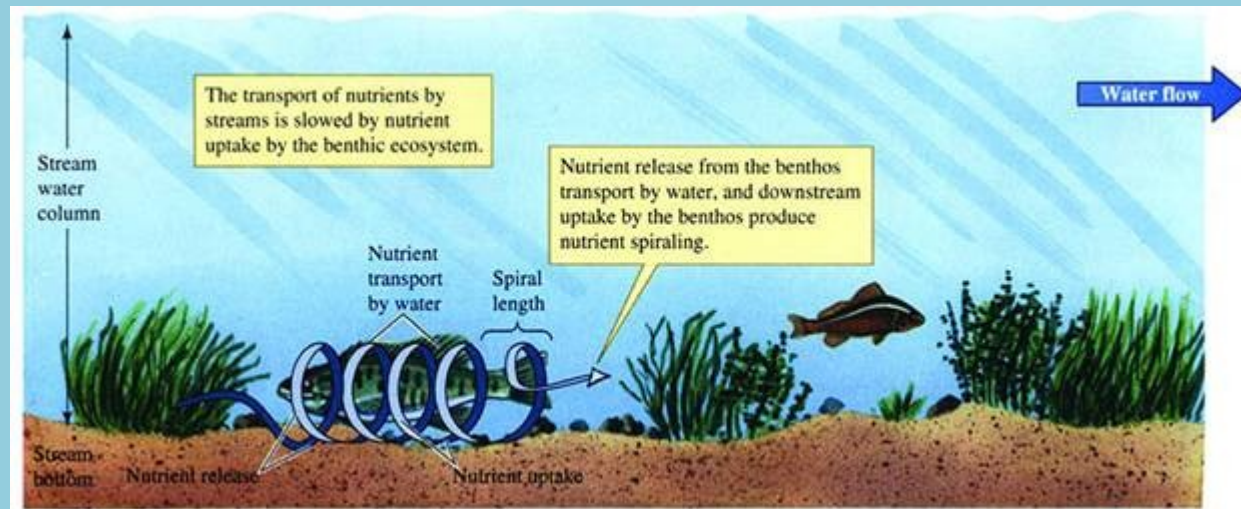
# ŘÍČNÍ EKOSYSTÉM

- horní tok – rychlý, dost kyslíku, nízká teplota, zastínění stromy redukuje primární produkci a organický input je především z okolní litosféry
- střední tok – snížená rychlost proudu, vyšší teplota, méně zastíněné – výrazné zvýšení primární produkce
- spodní tok – vysoká úroveň ukládání sedimentů; vliv přílivu – odumírání sladkovodních mikroorganismů a jejich nahrazení sůl-tolerujícími organismy



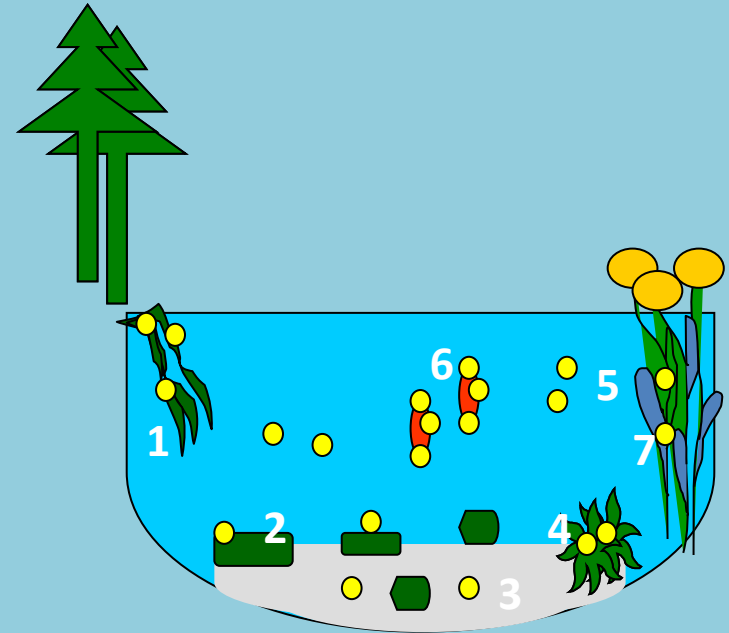


- většina mikrobů a mnoho mikroskopických organismů jsou přichycené k povrchům
- rozpuštěné živiny jsou rychle absorbovány přisedlými organismy a uvolněny až po jejich smrti a rozkladu
- opět rychle absorbovány o něco níže – čili živiny se nepohybují s proudem vody ale mnohem pomaleji
- cyklus živin tedy ne na jednom místě, ale zahrnuje i transport po proudu dolů než je cyklus uzavřen – čili spíše spirála než cyklus – „nutrient spiraling“
- často se do řek dostane hodně látek z průmyslových podniků a měst
- z čističek se do řek může dostat dost organických látek a pak se velice sníží koncentrace kyslíku
- průmyslové odpady – toxické látky (těžké kovy)
- zemědělské vlivy – některé chemikálie toxické, jiné podporují eutrofizaci
- pak nekontrolované pomnožení mikroorganismů



# Hlavní místa výskytu bakterií v tekoucích vodách

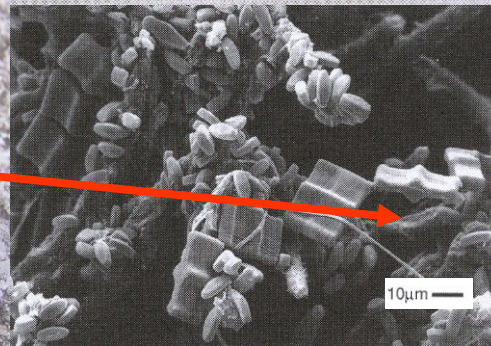
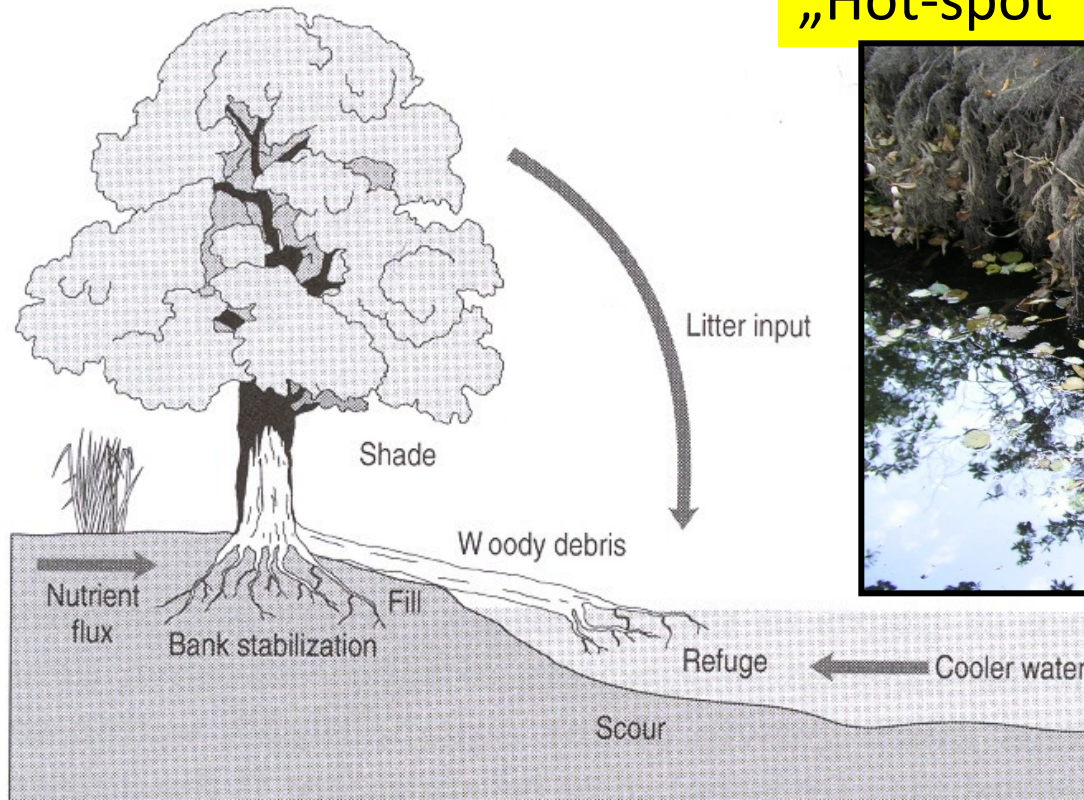
- Fotosyntetické populace kolísají od  $10^0$  po  $10^8$  organismů/ml
- jako **přisedlá společenstva** spojená s biofilmy
- proudící charakter vodního sloupce
- **Fytoplantonní** (volně žijící) společenstva také existují v tocích
- kvůli konstantnímu pohybu vody, nejsou **prostorově stabilní populace**
- skutečně stabilní populace v lotických prostředích toků a řek jsou **biofilmy a sedimentární (bentické) společenstva**



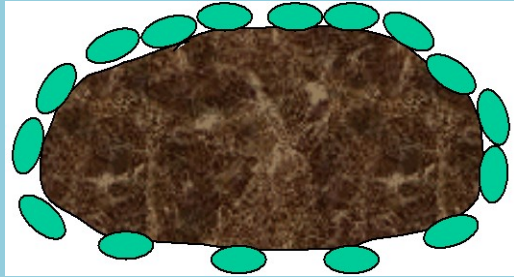
1 – ponořené kořeny stromů; 2 – kameny na dně (epilitické bakterie);  
3 – hyporeická zóna; 4 – uvolňující se listy; 5 – volně suspendované ve vodním sloupci; 6 – říční sníh; 7 – submerzní rostliny (**epifytické bakterie**)

# Přirozené biofilmy toků

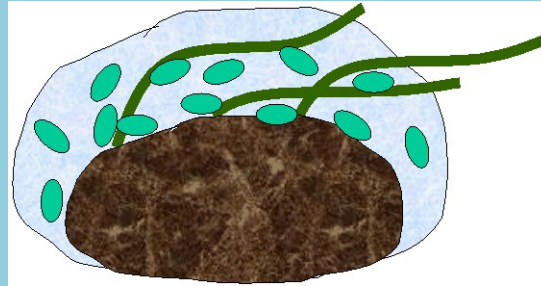
„Hot-spot“ říčního metabolismu



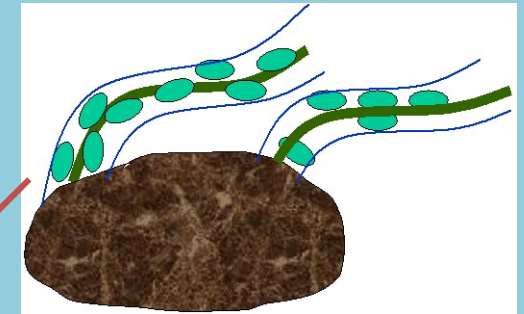
## Různé způsoby přichycení epilitických bakterií



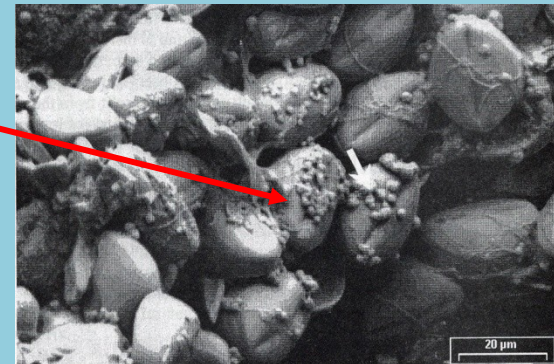
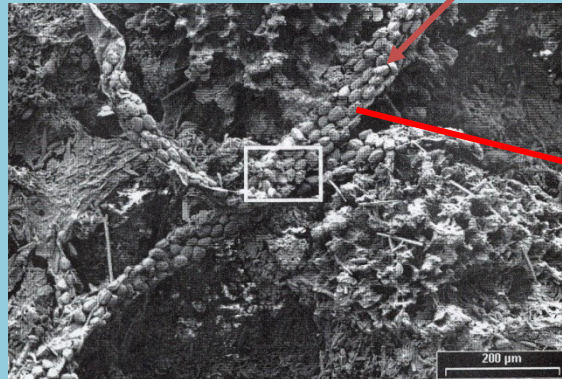
Tenký biofilm



Silný biofilm

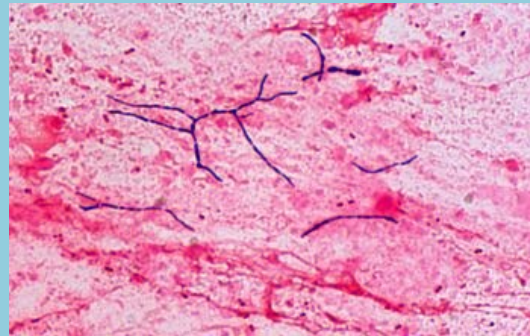
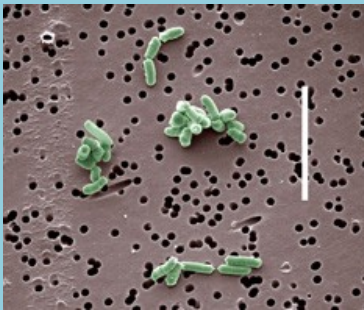


Bakterie na řasách



# Složení a aktivita sladkovodních mikrobiálních komunit

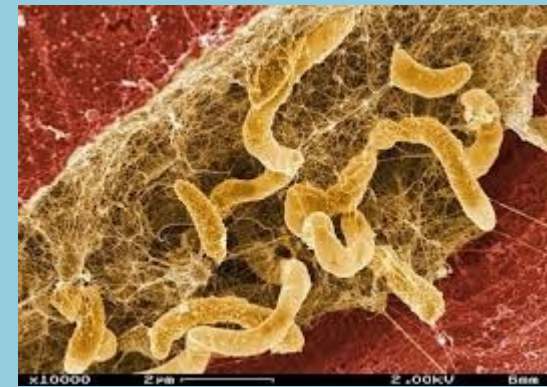
- složení mikrobiálních komunit jezer více studováno než u řek
- dost podobností, ale řeky mají vždy více allochtonních mikrobů!
- dále se budeme zabývat více jezery:
- nalezneme zde zástupce *Achromobacter*, *Flavobacterium*,
- *Brevibacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nocardia*, *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Cytophaga*, *Spirillum*, *Vibrio*



- na ponořených površích *Caulobacter*, *Hyphomicrobium*
- autotrofní bakterie - autochtonní– důležitá role v cyklu živin
- fotoautotrofní sinice / v anoxické zóně purpurové a zelené anaerobní fotosyntetické bakterie
- sinice *Microcystis*, *Anabaena* a *Aphanizomenon* mohou dominovat planktonu sladkovodních habitatů

# Mikroorganismy v sedimentech

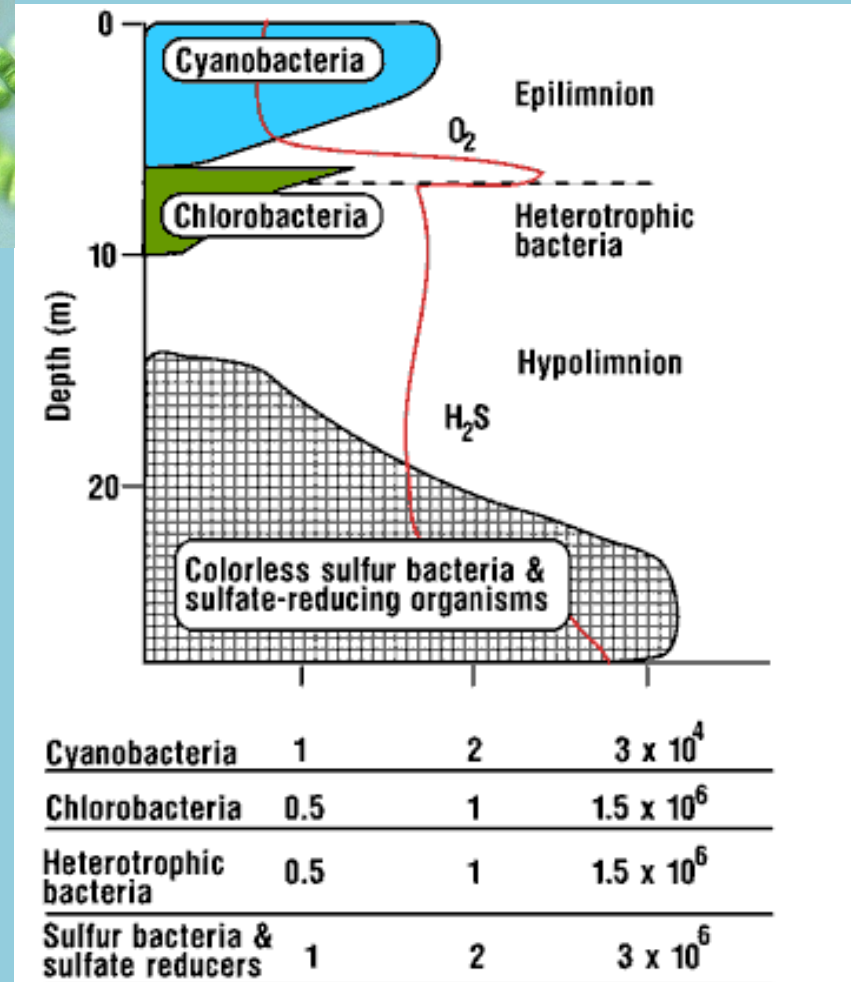
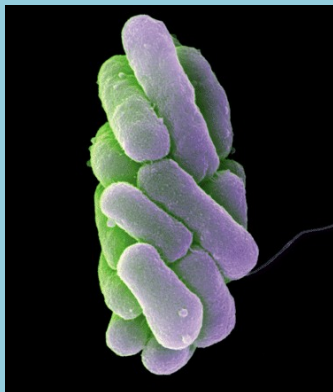
- obvykle se liší od organismů ve vodě nad sedimenty
- v mělkých rybnících a jezerech se na povrchu sedimentů nachází anaerobní fotosyntetické bakterie, často určují barvu těchto vodních ploch
- bakterie se schopností anaerobní respirace jsou významní členové sedimentárních mikrobů – *Pseudomonas* (denitrifikace)
- obligátně anaerobní bakterie zaujímají důležité niky
  - sporulující *Clostridium*
  - metanogenní bakterie produkující metan
  - *Desulfovibrio* produkující sirovodík
- houby se nachází na organických úlomcích na povrchu sedimentů – včetně celulolytických hub



- „kvetení“ sinic – často spojené s přítokem živin z odpadních vod nebo hnojiv – může být masivní
- vláknité sinice mohou tvořit slizké povrchové chomáče nadnášené bublinami kyslíku z jejich fotosyntézy
- kromě jiných problémů spojených s vodním květem, mohou sinice (*Anabaena*, *Microcystis*) produkovat neurotoxické peptidy a alkaloidy – i úhyn zvířat
- chemolitotrofní bakterie mají významnou roli v cyklech N, S a Fe – *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Thiobacillus*

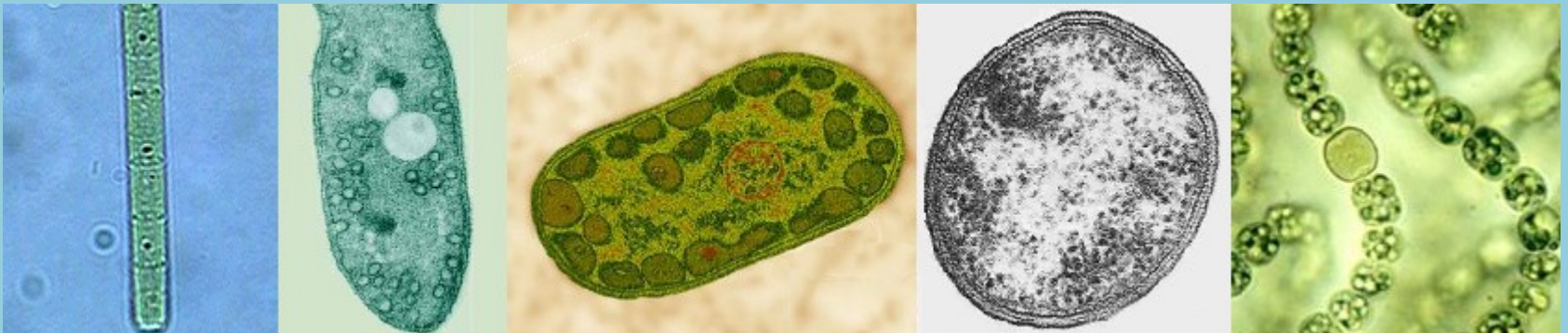


- významné rozdíly ve vertikální distribuci bakteriálních populací v jezerech
- rozdíly odráží variace v biotických parametrech jako je pronikání světla, teplota, kyslík



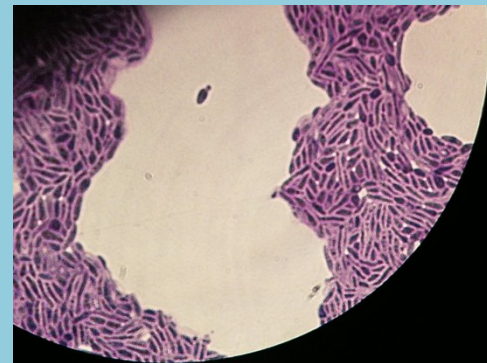
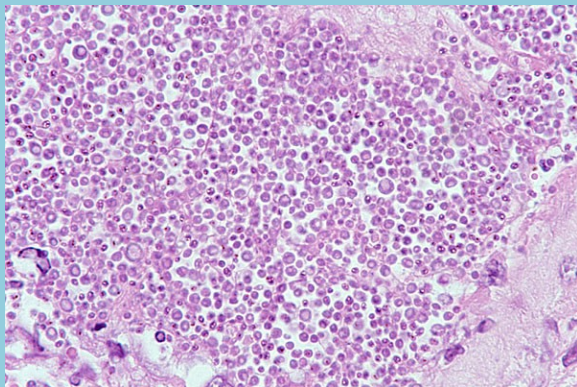


- *autochtonní* organismy povrchu vody mohou být *alochtonní* v hlubších vrstvách
- sinice jsou typické pro povrchové vrstvy vody s dostatkem světla - pokud sedimentují pod kompenzační hloubku, nejsou schopné konkurovat ostatním mikrobům – jsou zde allochtonní
- fotoautorofní členové *Chlorobiaceae* a *Chromatiaceae* jsou autochtonní členové sladkovodních mikrobiálních komunit ve větších hloubkách, kde je nižší tenze kyslíku a je dostatek sirovodíku a stále ještě dostatečný průnik světla
- *Rhodospirillaceae* okupují podobný environment ale spoléhají na redukované organické donory elektronů místo sirovodíku
- heterotrofní bakteriální populace jsou rozšířené přes vertikální sloupec, ale obvykle dosahují maximum nedaleko termokliny a nedaleko dna jezera, kde je dostatečně vysoká koncentrace organických látek



# Mikromycety v jezerech

- jezera se liší co do druhů přítomných hub
  - dle přístupného organického substrátu
  - dle organismů (flóry a fauny), které mohou být atakovány houbovými parazity
- mnohé houby ve vodním prostředí jsou spojené s cizí organickou hmotou – alochtonní členové společenstev
- na dřevě mrtvých rostlinách často askomycety a houby nedokonalé
- po degradaci rostlinného materiálu zmizí i houby a nahrazeny novými s příchodem nového organického materiálu
- kvasinky – slabě fermentující členové *Torulopsis*, *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*



# Protozoa

- protozoa se živí (pasou) na fytoplanktonu a bakteriích ve vodním prostředí
- fagotrofní bičíkovci (schopné fagocytózy – živí se pevnou potravou) jsou obzvláště významní konzumenti bakteriálních populací
- amoeboidní, řasnatá a bičíkatá protozoa se nacházejí ve vodních tocích a jezerech: *Paramecium* (trepka), *Didinium*, *Vorticella*, *Stentor*, *Amoeba*
- bičíkatý *Bodo* je častý ve znečištěných vodách s nedostatkem kyslíku

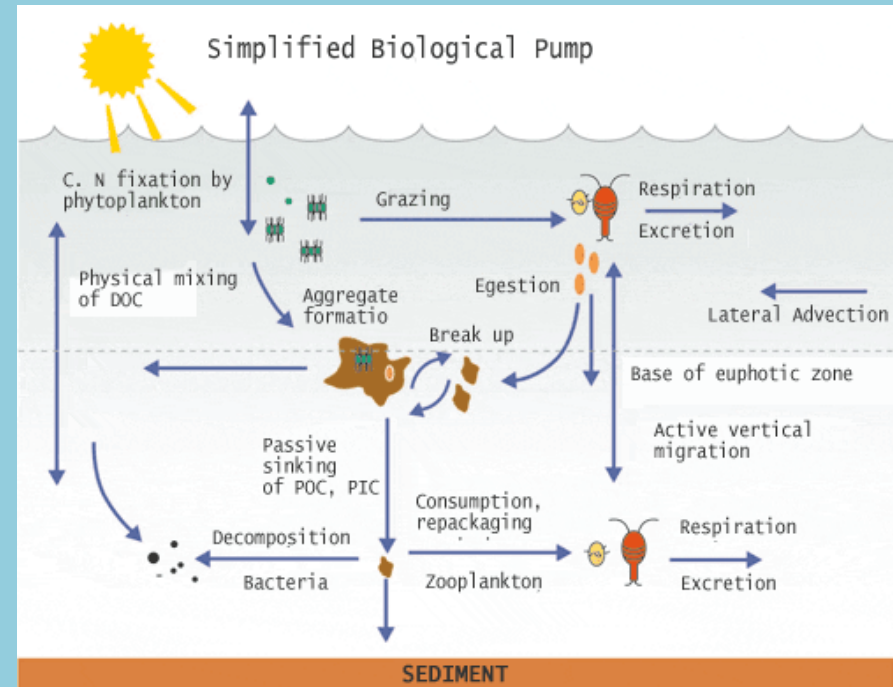


## Alochtonní mikroorganizmy

- vedle autochtonních mikrobiálních populací je zde i mnoho alochtonních mikrobů - eroze a smyv z půdy, se spadenými listy, s městskými odpadními vodami
- heterotrofní populace je vysoká v oblasti , kde je přísun organických látek, pak ale s úbytkem organických látek ubývá i mikroorganismů rozkládajících tyto látky
- alochtonní mikrobi zmizí během krátké doby – jsou zkonsumováni autochtonními mikroby
- díky četným zdrojům alochtonních mikrobů mikrobi nacházení ve vodě často připomínají terestriální formy

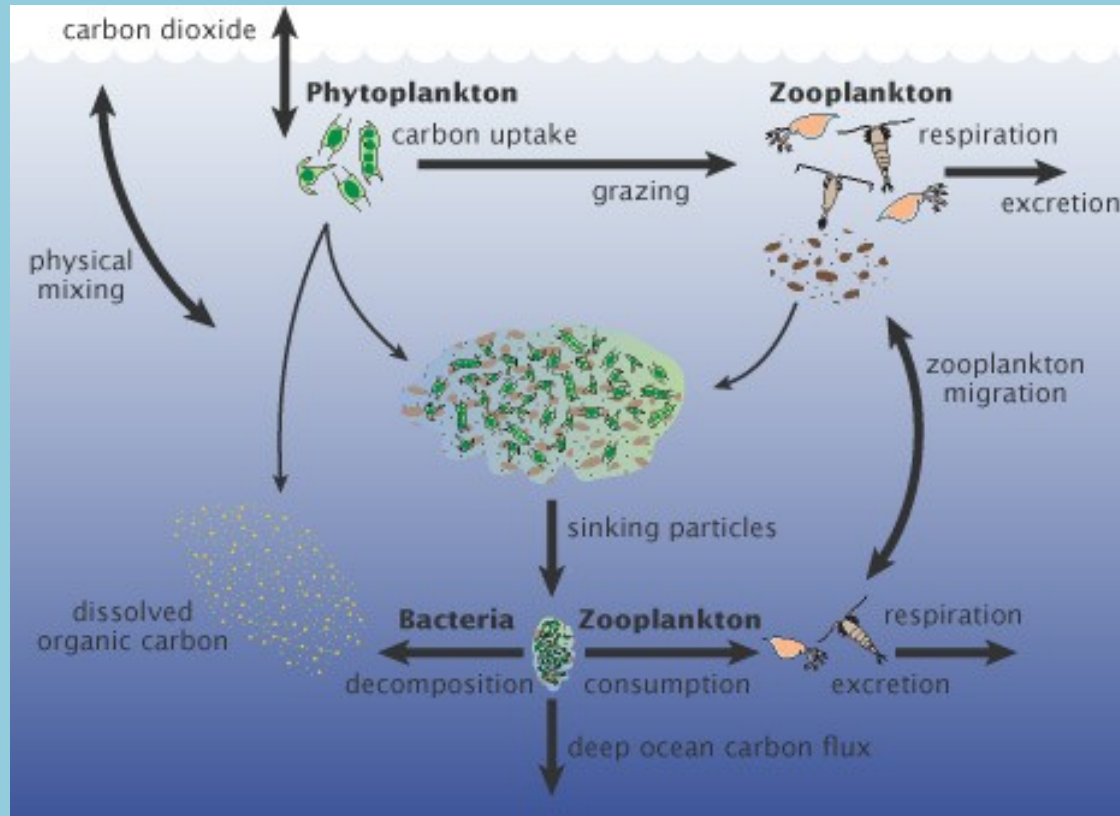
# Produktivita jezer

- mikrobi hrají významnou roli v produktivitě jezer a transformaci organických látek v jezerech
- intenzita jejich metabolické aktivity je ale velice variabilní – sezónní i časové změny
- vyšší produktivita v eutrofizovaných prostředích
- v létě vyšší produktivita i vyšší intenzita obratu živin
- využití DOM a schopnost bakterií využívat i nízké koncentrace DOM a DOC (rozpuštěná organická hmota a uhlík) je důležitá zvláště v oligotrofních jezerech – tak se dostane DOC do potravního řetězce a podpoří růst vyšších organismů
- nízké koncentrace živin (méně než 5 ug/l)– bakteriální pikoplankton ve výhodě – rychlejší obrat živin
- při vyšších koncentracích důležitější eukaryotický pikoplankton (řasy)
- nízké pH podporuje opět eukaryotický pikoplankton



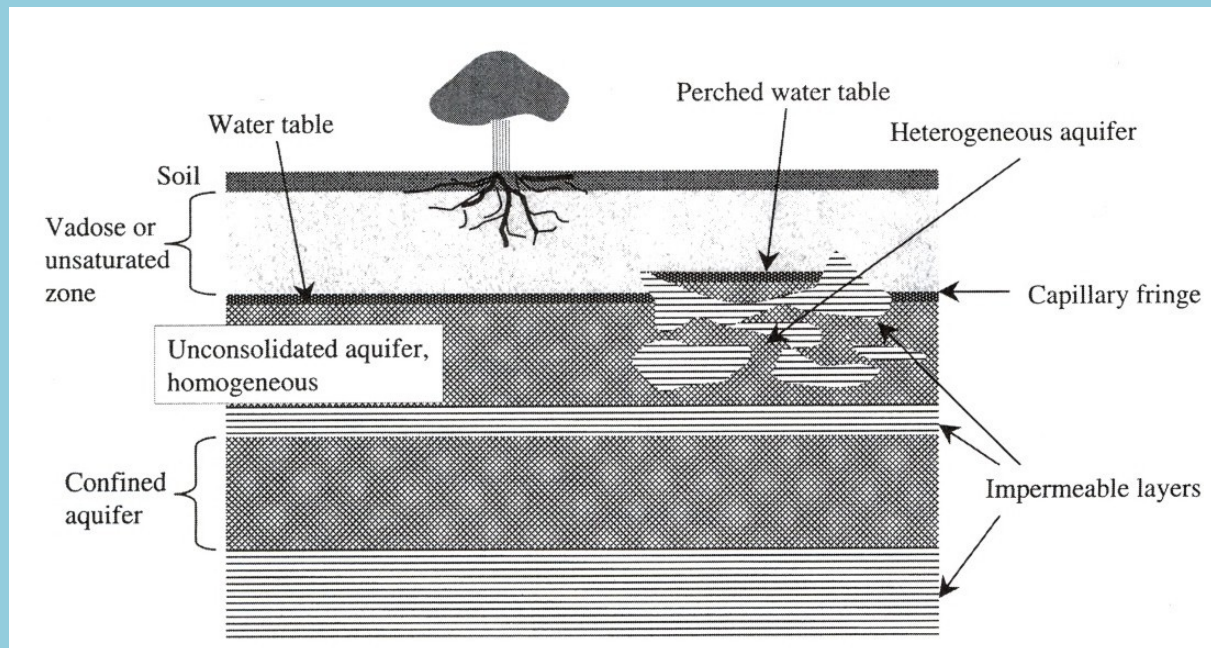
# Produktivita jezer – pokr

- Houby a bakterie ve sladkovodních systémech zodpovědné za rozklad allochtonní organické hmoty
- Mikroorganismy jsou prvními kolonizátory částic detritu, začínají potravní řetězec, jehož výsledkem je recyklace organických živin detritu v ekosystému
- Mikroorganismy transformují allochtonní organický C do uhlíku buněčné biomasy autochtonních členů sladkovodního systému
- Podobně to platí i u dalších prvků
- Microbial loop



# Podzemní vody

- **Hluboké zvodnělé vrstvy**, hlouběji než 300 m, jsou charakteristické extrémně nízkou mírou průtoku (metry za století) a jsou obvykle anaerobní
- nejsou přímo plněny vlivem povrchových srážkových událostí
- **Mikroorganismy jsou jediní obyvatelé těchto prostředí a bakterie jsou dominantním typem přítomných mikrobů**
- V podzemních vodách na rozdíl od ostatních vodních prostředích, které mají planktonní populace, je většina bakteriálních populací **přisedlá nebo suspendovaná**
- **Aktivita je v těchto zvodnělých vrstvách nižší než v ostatních vodních prostředích**, kvůli nízké úrovni živin



Různé podpovrchové prostředí

## ekologické funkce mikroorganismů ve sladkovodních systémech:

- rozklad mrtvé organické hmoty, uvolnění minerálních živin pro primární produkci
- asimilace a znovuzavedení DOM do potravního řetězce
- koloběh minerálů
- přispívají k primární produkci
- slouží jako potrava pro další organismy (grazers)
- ve velkých hlubokých jezerech , kde je většina dna disphotická (špatně osvětlená), jsou mikroorganismy planktonu principiální primární producenti



# LIDSKÉ UMĚLÉ EKOSYSÉMY

Odpadní voda čistíren odpadních vod



Pitná voda úpravny pitné vody



## Bakterie v pitných vodách

Základem mikrobiologického vyšetřování pitných vod je sledování výskytu bakterií, které indikují obecné a fekální znečištění vody.

**indikátory obecného  
znečištění vod**  
(organotrofní mezofilní  
a psychofilní b.)

**indikátory fekálního  
znečištění vod**  
(koliformní b., enterokoky,  
anaerobní klostridia)

**patogenní a podmíněně  
patogenní bakterie**  
(onemocnění lid a zvířat)

**baktérie tzv. funkčních skupin**  
(železité, manganové)

**Problémy v technologii**

## Mikromycety

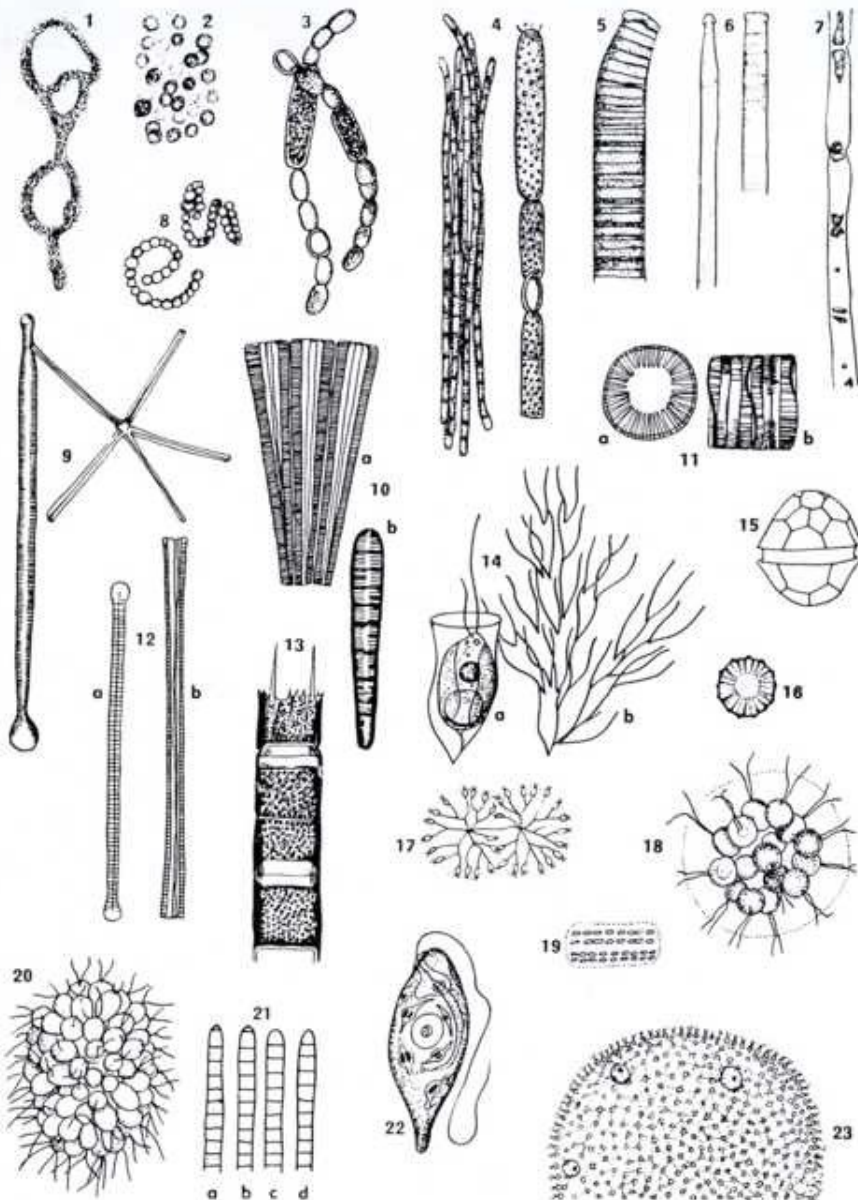
Z **vláknitých mikromycet** byly nejčastěji a v relativně největším množství izolovány druhy rodu *Penicillium*, *Cladosporium* a *Trichoderma*, zástupci rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Rhizopus* a *Verticillium*.

Z **kvasinek** se v pitných vodách nejčastěji vyskytují zástupci rodů *Rhodotorula* a *Candida*. Jejich patogenita pro člověka je sporná, jejich velký výskyt v pitné vodě každopádně zhoršuje její kvalitu tím, že se zvýší podíl organických látek a dále se jejich biomasa může substrátem pro rozvoj dalších mikroorganismů.

Při velkém výskytu spor penicillioz může být jejich inhalace (rovněž u rodu *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*) jednou z příčin onemocnění dýchacího systému (chronické bronchiální katary, bronchopneumonie). Některá penicillia mohou být dále původci zánětu zvukovodů, některé druhy ostatních shora jmenovaných rodů jsou známy jako původci nebezpečných mykóz nebo jako producenti mykotoxinů.

Představitelé rodu *Candida* vyvolávají četná onemocnění lidí, především kůže, nehtů, dýchacího, zažívacího a urogenitálního systému

# Řasy způsobující pachové závady pitné vody



Rybí pach, typický pro vodní květy a řasy obývající příbřežní pás (*Pandorina*, *Volvox*, *Gonium*, *Eudorina*, *Mallomonas*, *Euglena*, *Ceratium*, *Tribonema*), se připisuje různým aminům. Bylo zjištěno, že každý druh řasy produkuje charakteristické aminy. Výskyt aminů z hlediska škodlivosti (organoleptické vlastnosti) je hygienicky významný, neboť aminy jsou fyziologicky velmi účinné látky

400 až 800 buněk *Asterionella formosa* vyvolá zemitoaromatický pach vody, do 1600 jedinců v 1 ml vody vyvolá aromatický pach po kakostu (pelargóniích) a masový výskyt vede k odpornému rybímu zápachu

# SEKUNDÁRNÍ ČIŠTĚNÍ

## Skrápěné biofiltry



směsná kultura v  
biofilmových reaktorech

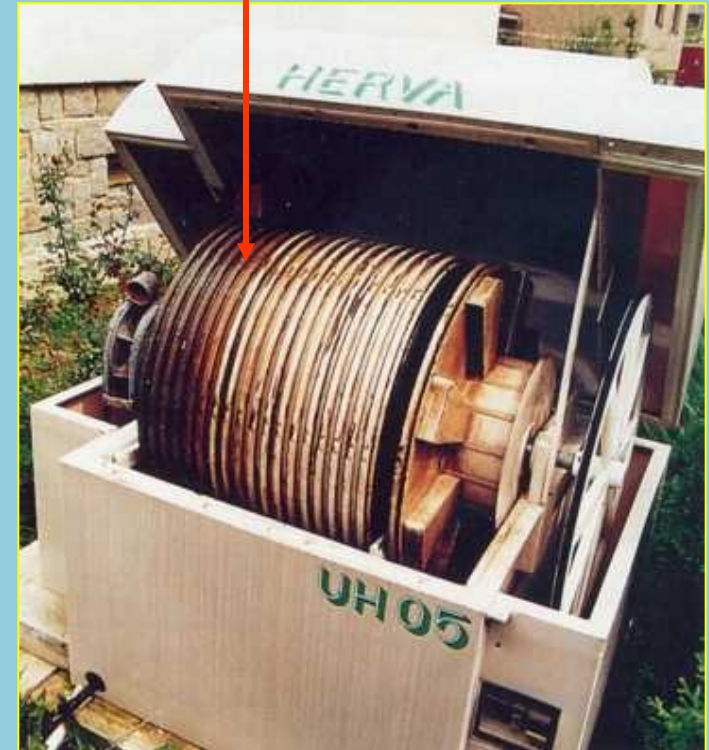
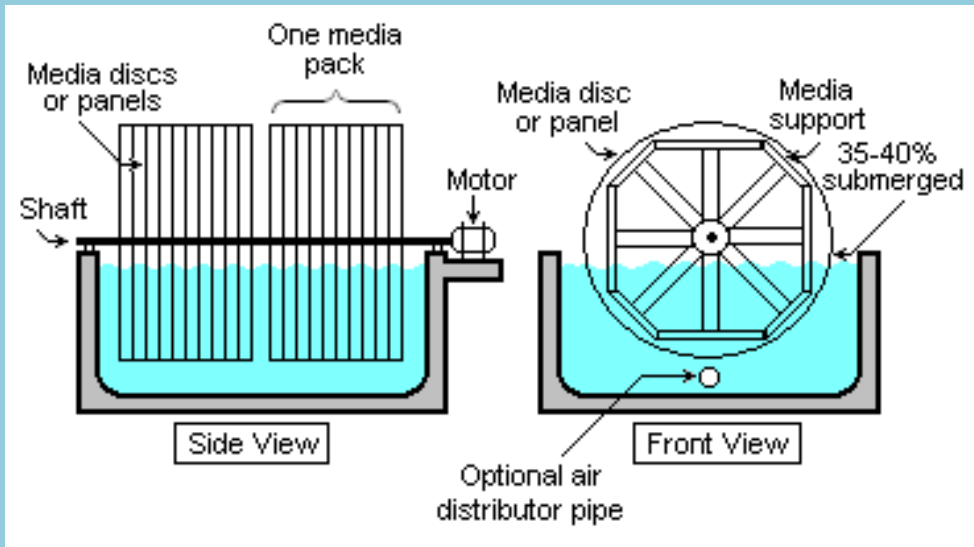


Povrchová blána

# Rotační biodisky (biodiskové reaktory)



princip skrápěných biofiltrů = přisedlé biofilmové společenstvo

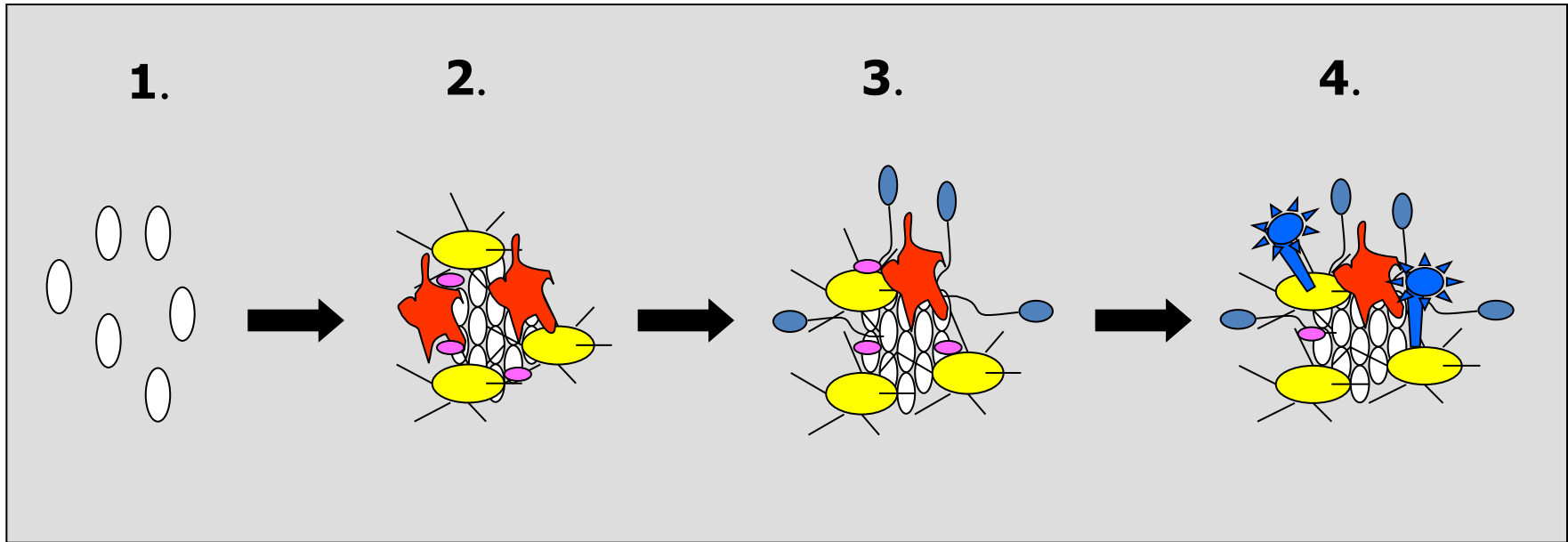


# Aktivace

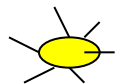


Aerobní čištění směsnou kulturou ve vzosu

# Fáze vzniku vločky aktivovaného kalu



○ bakterie



Volně žijící nálevníci



stopkatí nálevníci

● bezbarví bičíkovci



měňavky



vířníci



## Typická vložka aktivovaného kalu



**Bytnění kalu**  
= velký objem pro usazení



Nadměrný rozvoj vláknitých organismů (*Sphaerotilus* apod.)

## Bakteriální rody vyskytující se v aktivovaném kalu

### Dominantní rody

### Akcesorické rody

*Zooglea*

*Aeromonas*

*Pseudomonas*

*Aerobacter*

*Commomonas*

*Micrococcus*

*Flavobacterium*

*Spirillum*

*Alcaligenes*

*Acinetobacter*

*Brevibacterium*

*Gluconobacter*

*Bacillus*

*Cytophaga*

*Achromobacter*

*Hyphomicrobium*

*Corynebacterium*

*Sphaerotilus*

# DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://moviesonline.mx/watch/zGeaPIGb-a-plastic-ocean.html>



## PET jako potrava bakterií

Japonští vědci objevili bakterii, která je schopná rozrušit strukturu plastových lahví, až postupně dojde k jejich úplnému zničení. V době, kdy firmy ročně produkují přes 45 miliónů tun výrobků z polyethylentereftalátu (PET), jejichž zbytky efektivně devastují životní prostředí, jde o významný objev. Studie byla zveřejněna v magazínu Science.

Tým vědců pod vedením Šosukeho Yošidy z technologického institutu v Kjótu objevil novou bakterii při analýze 250 vzorků ze zařízení, kde se recyklují výrobky z PET.

Vědci zjistili, že bakterie, kterou nazvali *Ideonella sakaiensis*, využívá k degradaci plastu dvou enzymů. Pomocí nich rozkládá molekulární vazbu hlavních složek PET, tedy ethylenglykolu a kyseliny tereftalové, a využívá je jako potravu zdroj energie. Tato bakterie je schopná úplně zničit výrobek z PET během šesti týdnů, týká se to však pouze méně kvalitních produktů. K likvidaci PET lahví, které se řadí mezi výrobky kvalitnější, by bylo zapotřebí bakterii zušlechtit, tedy pokud se uvažuje o masovém ekologickém využití, protože jejich zničení trvá *Ideonelle* mnohem déle.

S výrobou předmětů z PET se začalo před 70 lety, předpokládá se proto, že bakterie se vyvinula relativně nedávno. Dřívější výzkumy odhalily existenci houby *Fusarium oxysporum cutinase*, která PET likviduje, v případě bakterie však *Ideonella* drží prvenství.

V moři podle listu *The Guardian* ročně končí zhruba osm miliónů tun plastu, podstatná část z toho jsou produkty z PET. Využití nově objevené bakterie k likvidaci plovoucího odpadu je zatím nejasné, podle odborníků by však její výzkum mohl vést k výrobě biologických přípravků, které by to umožnily.

ZDROJ: EnviWeb

<http://www.kovosteel.cz/nove-objevenym-bakteriim-slouzi-pet-lahve-jako-potrava/>