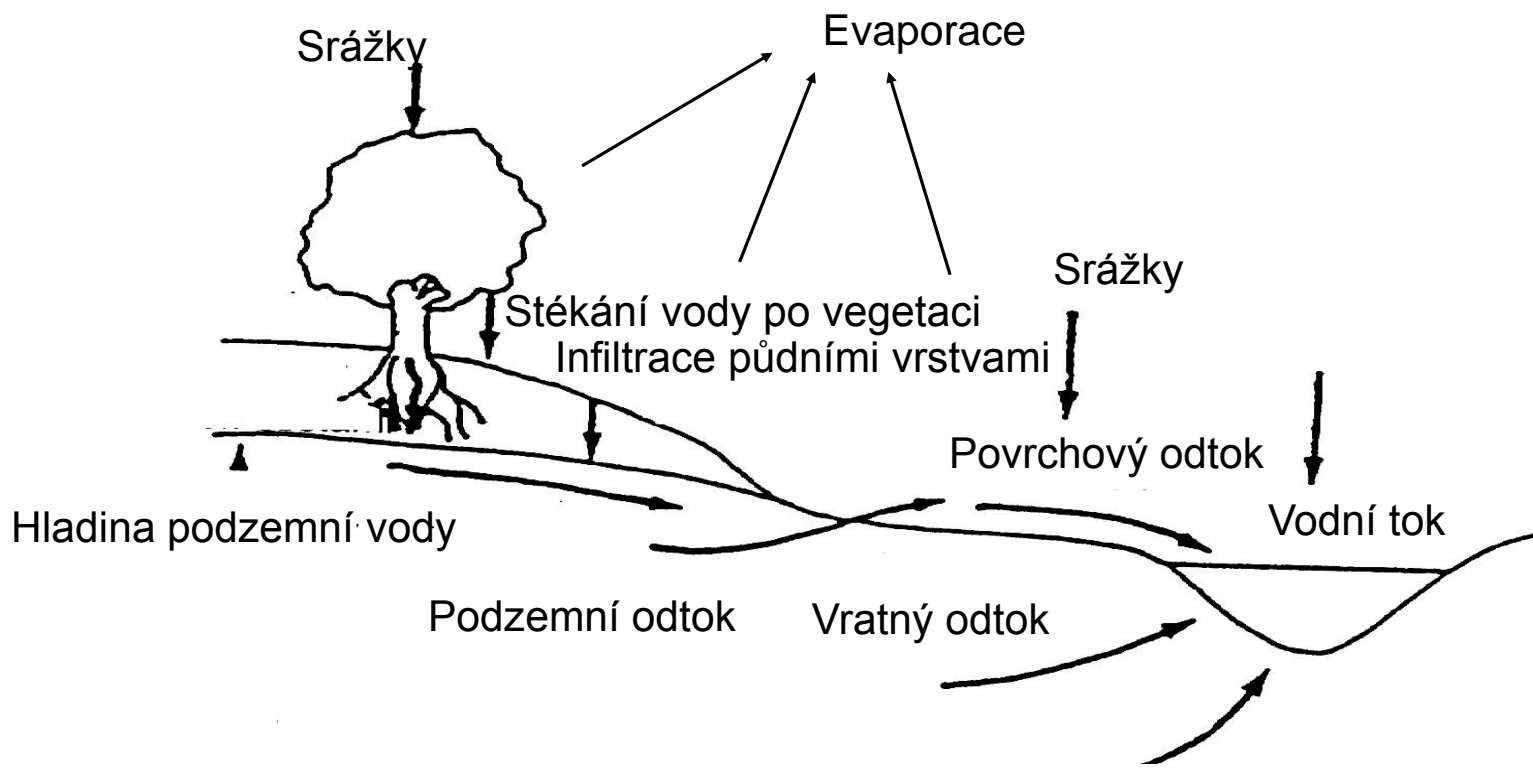


# Hydrobiologie tekoucích vod



# Tekoucí vody

---

- V přírodě jsou ohraničeny přirozeně utvářeným korytem (různého příčného a podélného profilu)
- Podle velikosti a charakteru povodí, délky sklonu toku a podle hydrologických poměrů: pramenné stružky, bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky a veletoky
- **Na vodnatost toku má vliv:** intenzita a trvání srážek, velikost zasažené plochy
- **Toky se liší rychlostí a množstvím protékající vody**
- **Specifický** (elementární) **odtok “q”** = množství vody odtékající za časovou jednotku z plochy povodí
- **Průtok “Q”** = množství vody, které proteče příčným profilem za sekundu
- **n-leté vody** ( $Q_n$ ) = maximální průtok v profilu za n- let
- **m-denní vody** ( $Q_m$ ) = průtok překročený po m- dní, malé vodní stavy

## Impulsy k základním dějům v říčním ekosystému udávají faktory makroprostředí a mikroprostředí ...

- Klima a geologické podloží – řídí přísun živin, hydrologický režim
- Krajinné faktory (břehy) – ovlivňují přísun světla, odumřelé makrovegetace (zásoby látek)
- Přítoky mění teplotní režim (intenzita životních pochodů)
- Lokální odlišnosti toku ovlivňují fyzikální procesy
- Odběry vody z vodotečí, elektrárny, vodárenské nádrže



# Fyzikální charakteristika tekoucích vod

- **Torrentilní úseky** (riffles) = rychle proudící a peřejnaté, větší spádové profily
- **Fluviatilní úseky** (pools) = pomalu tekoucí až neznatelně proudivé
- Proudnicová část = **medial**, příbřežní = **ripal**
- Pomalu tekoucí, málo spádové a nížinné toky jsou **lenitické** a delší proudivé toky jsou **lotické**

U tekoucích vod se uplatňuje proudění vody způsobené **spádem** a je definované Chezyho rovnicí

$$v = c \cdot \sqrt{R} \cdot I$$

$v$  = rychlost vody,  $c$  = rychlostní součinitel závislý na síle gravitace a tření,  
 $R$  = hydraulický poloměr představující průtočný profil,  $I$  = spád

# Fyzikální charakteristika tekoucích vod

- **Mezní vrstva** (*boundary layer*) = vzniká v bezprostřední blízkosti unášené částice
- její tloušťka určuje rozsah difúzních pochodů, utilizaci biogenních látek, druhové složení a biomasu biocenózy
- mocnost vrstvy (výška) je nepřímoúměrná rychlosti vody
- Potenciální energie vody proudící spádem se po určité době mění na energii kinetickou - vznik unášecí síly, působící proti tření dna

## Pohyb a práce vody

- **Erozní fáze** = vymývací a rozrušovací činnost vody
- **Tranzitní fáze** = odnášení materiálu včetně organismů
- **Akumulační fáze**
- Pevné látky unášené tokem = **splaveniny** (elipsovité a protáhlé částice), volně vznášené ve vodě = **plaveniny** (kulovité částice)

- Proces sedimentace částic definuje Airyho rovnice

$$G = B \cdot v^6$$

**G** = hmotnost částic, **B** = koeficient charakterizující unášenou částici, **v** = rychlost vody

## Teplota a teplotní režim

- Jiný charakter oproti stojatým vodám
- Denní a sezónní oscilace – výkyvy teploty vzduchu, osvětlení (zastínění, ledovce, podzemní hladiny)
- Vyjádřením je sinusová křivka, v tocích s různou amplitudou
- Teplota vody souvisí i s peřejnatostí toku, proudivé úseky toků vykazují tzv. **vertikální homotermii**

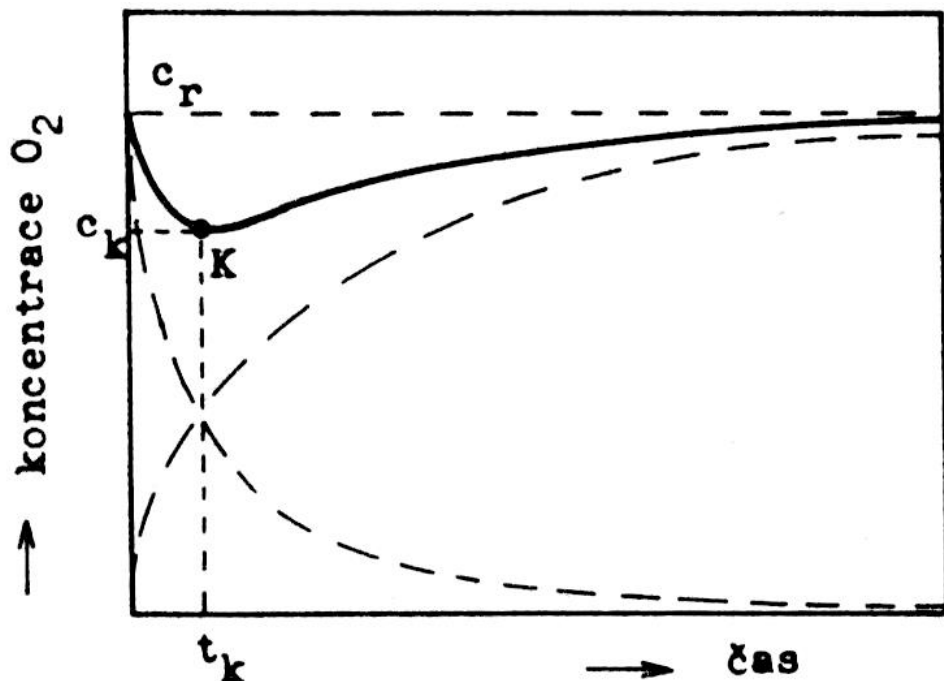
# Koloběh látek v tekoucích vodách

---

Původ rozpuštěných látek: atmosférické plyny a srážky, z vymývaného podloží, z podzemních i povrchových zdrojů

- **Obsah dusíku:** záleží na formě, amoniakální toxický pro ryby (přísunem podzemních vod), dusičnanový znečištěním
- **Obsah fosforu:** ukládá se do sedimentů, sukcese biot
- **Obsah CO<sub>2</sub>:** závisí na znečištění toku, koncentrace narůstá u dna koncentrace a přítokem podzemních vod
- **Obsah O<sub>2</sub>:** souvisí s CO<sub>2</sub>
- Kyslíkovou bilanci v toku udává **Streeter-Phelpsova rovnice**
- Rovnice udává ztrátu (deoxygenace) a přírůstek (reaerace)
- Udává charakter zatížení toku, křivka kyslíkového průhybu, samočisticí schopnost
- Znázorněním kyslíkové bilance je křivka kyslíkového průhybu

# Křivka kyslíkového průhybu:



$$L_t \cdot k_1 = D_t \cdot (k_2 - k_1)$$

$L_t$  = látkové zatížení toku v čase  $t$ ,

$k_1$  = deoxygenační konstanta,

$D_t$  = kyslíkový deficit,

$k_2$  = reaerační konstanta

střední doba dotoku

$$C = C_0 \cdot 10^{-k_T \cdot t_M}$$

BSK

počáteční BSK (jakost vody)

součinitel deoxygenační

koeficient

$$D_t = D_0 \cdot 10^{-k_2 \cdot t}$$

deficit

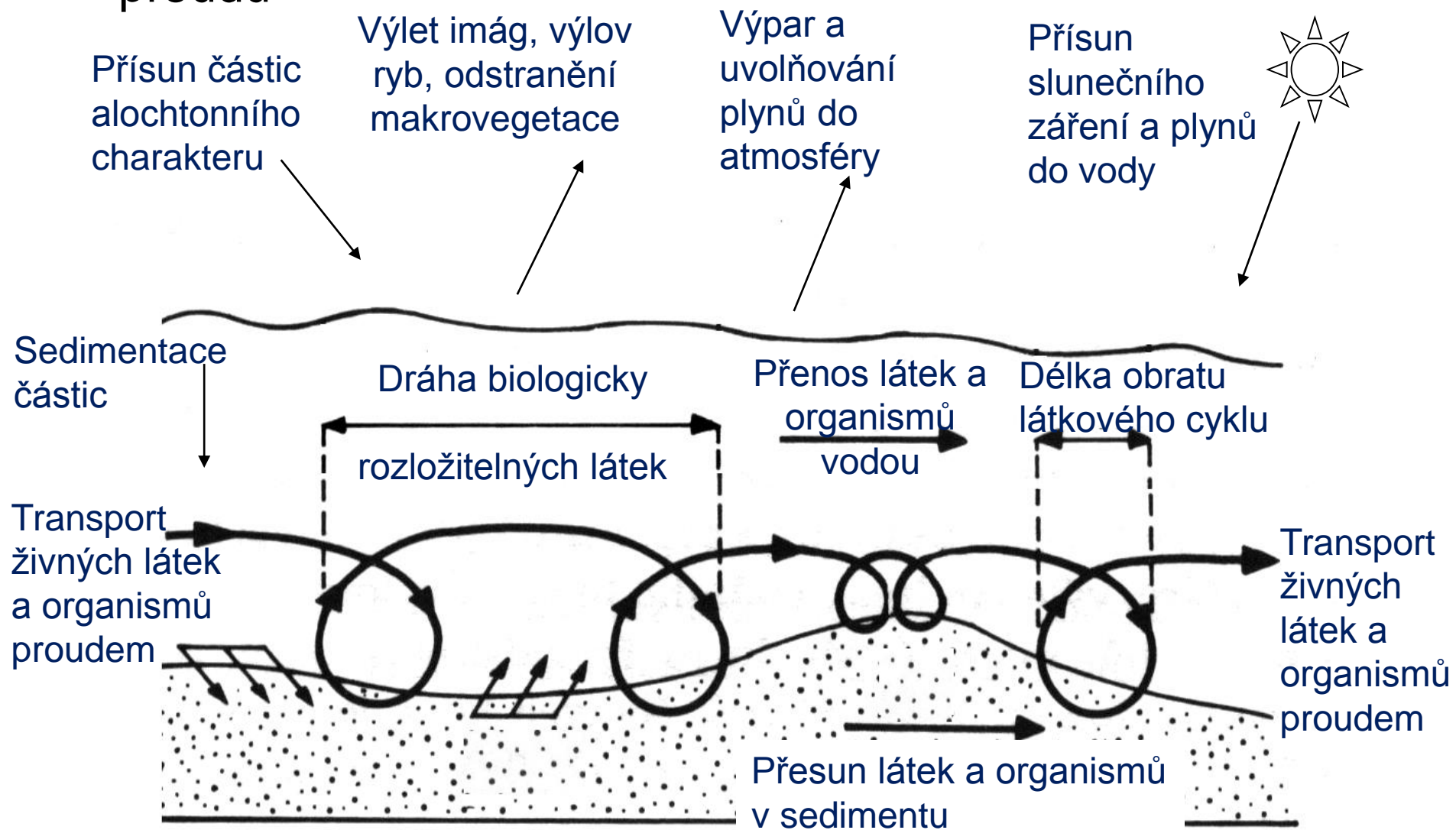
počáteční deficit

$k_2$  při teplotě 20 °C:  
 pro bystřiny 0,05 – 0,8,  
 pro pomalé toky 0,15 – 0,2



# Teorie spirálního koloběhu

- Otevřený látkový koloběh ve tvaru spirály postupující po proudu



Se spirální koncepcí souvisí **teorie říčního kontinua**

- Organismy a společenstva se v podélném profilu říčního toku (horní – dolní úseky toků) vyvíjí v souladu s podmínkami vnějšího prostředí
- Formace nových struktur a dynamika

### **Co představuje kontinuum a jeho dynamiku?**

1. Množství a stav rozpustných organických látek
2. Velikost a množství partikulovaných látek s jejich konzumenty
3. Druhová a individuální hustota organismů (index diverzity, rozmanitosti)
4. Maximální denní kolísání teploty vody
5. Hrubá primární produkce (**P**) a respirace (**R**)

## Rozpuštěné organické látky v toku, částice a organismy

- množství látek vyloužené během krátké doby (listí, kůra, dřevo)
- mechanická a biologická destrukce hlavně v horních úsecích (horní tok – hrubý detritus, dolní tok - jemný detritus)
- drtiči v horním toku a sběrači v dolním toku

## Druhová rozmanitost

- nejvyšší index začátek a střední část toku, nejmenší v pramenných úsecích

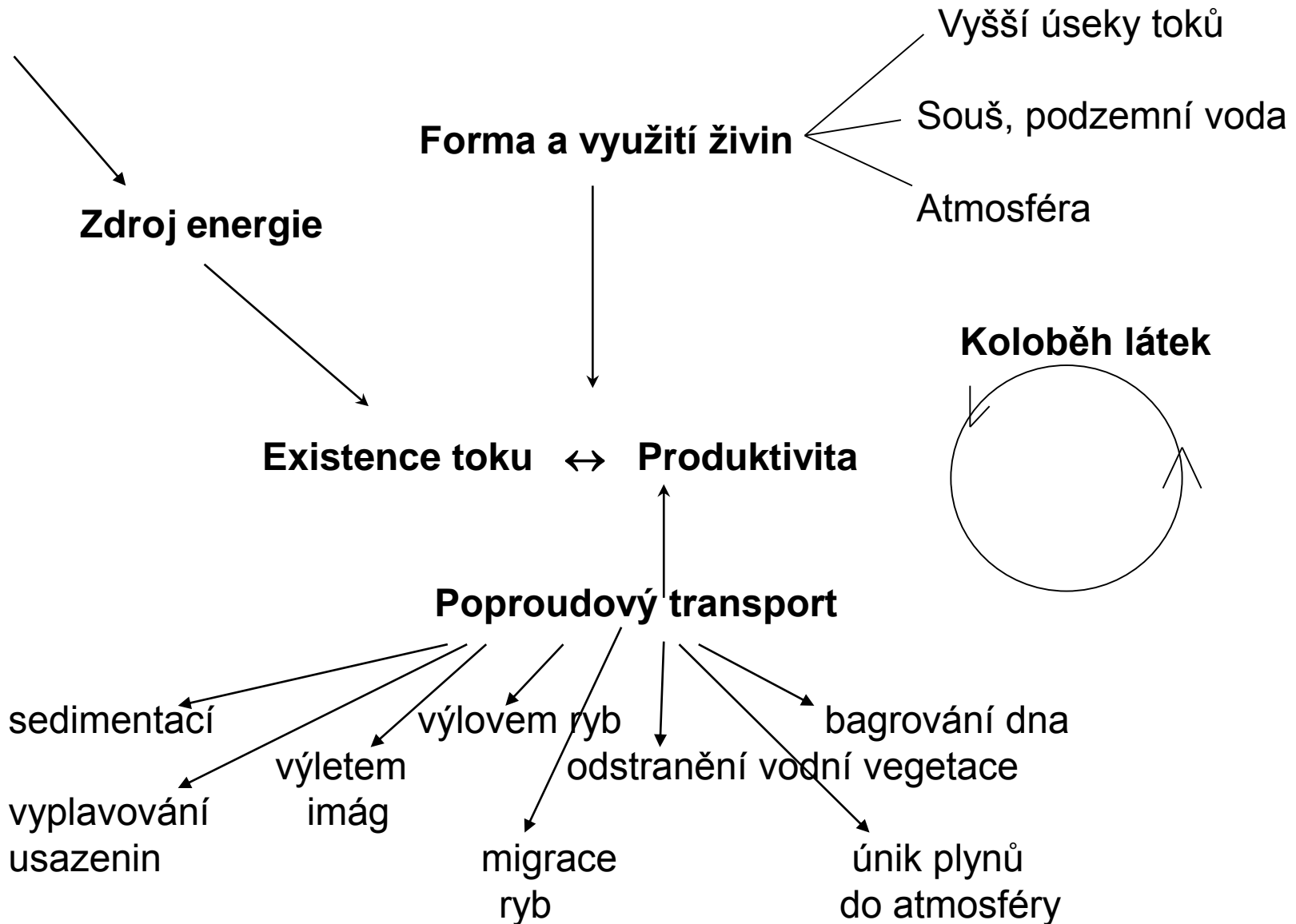
## Teplotní rozdíly

- denní teplotní rozdíly v pramenných oblastech a v dolní části toku malé – vliv zastínění

## Poměr hrubé primární produkce a respirace

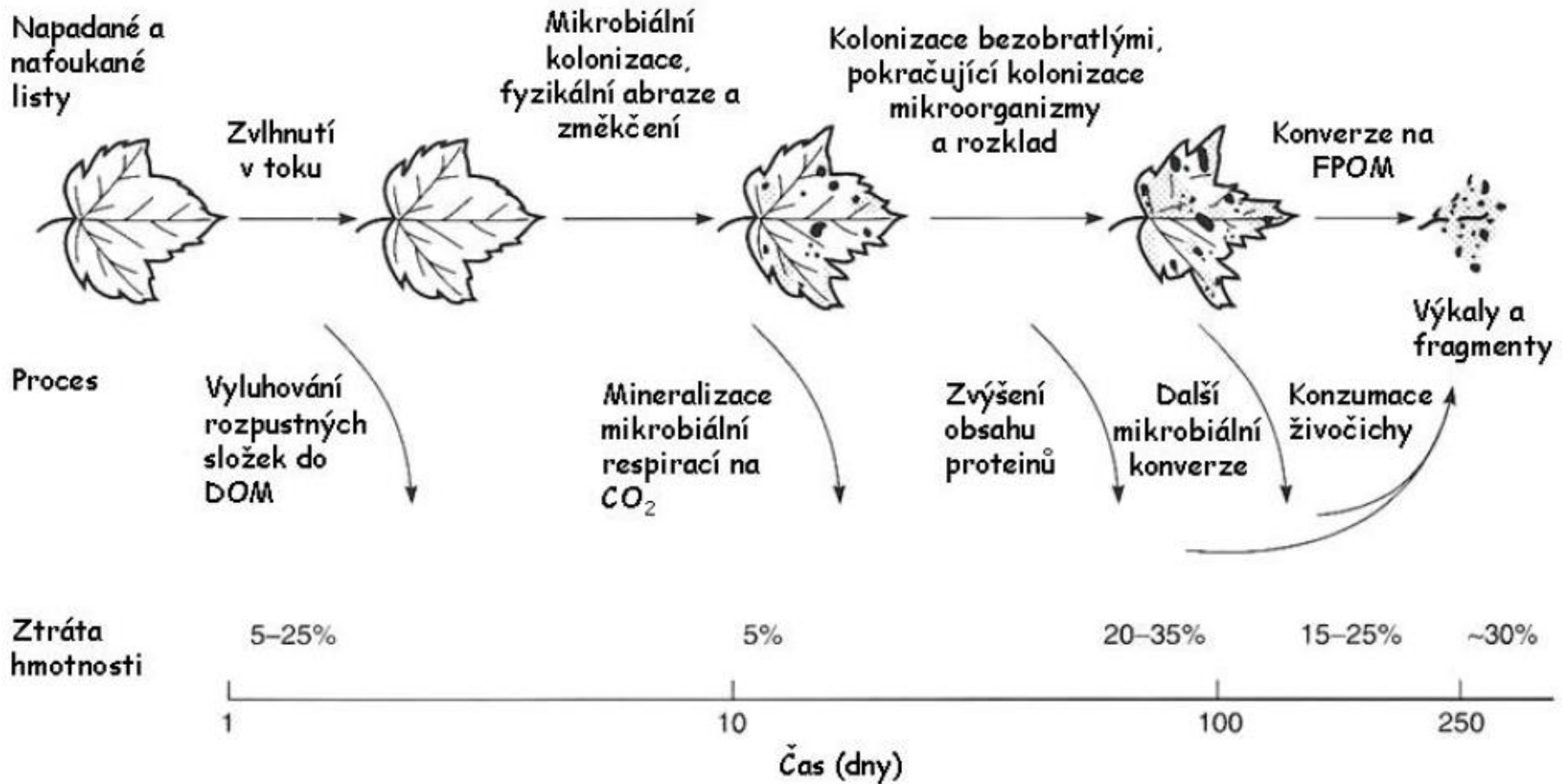
- faktor světlo, přísun s transport unášených částic, hloubka a zákal (nížinné toky)

# Transport živin – existence toku



# Složitost kolonizace mikrobiálního oživení v toku

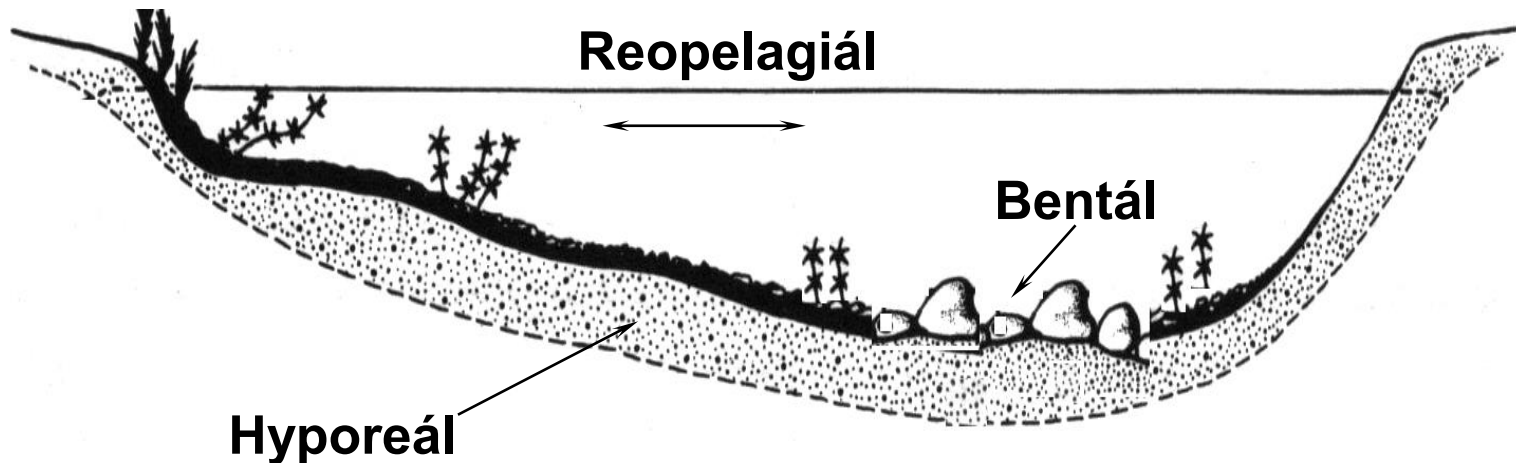
## Průběh rozkladu listí



# Životní prostředí tekoucích vod

---

- **Reopelagiál** (volná tekoucí voda)
- **Bentál** (povrchová vrstva dna koryta)
- **Hyporeál** (podříční dno, nejhlubší vrstva dna s infiltrovanou říční vodou)



# Reopelagiál – volná tekoucí voda

---

- Turbulentní prostředí převládá, dobrá výměna plynů, světelné podmínky (zákal!)
- Pohyb vody ve formě vírů, bočně směřované proudění (vznos organismů v planktonu), drobní korýši (3-10 cm/s), hranice rychlosti proudění 50 cm/s pro zooplankton
- Výskyt ryb (úkryt, proudění, průtoky), alochtonních částic
- Plankton tekoucích vod = **reoplankton**

Bakterie, sinice a řasy (rozsivky), prvoci, vířníci, korýši

- Bohatší je populace fytoplanktonu než zooplanktonu
- Toky v rybniční oblasti mají jiný charakter než toky pod údolní nádrží
- V podélném i příčném profilu – denní a sezónní změny, nestálost podmínek
- **Plankton** se cyklicky vyvíjí, driftující organismy nikoliv

- **Drift** = bentické druhy organismů, aktivní vstup do transportu unášených látek, po určité době zpět na dno (kolonizační cyklus)
- Naumann – materiál ukládaný vlnobitím (v limnologii), později pro organismy unášené vodou
- **Emergentní drift** = výskyt druhů hmyzu vylétajícího z vody
- **Terestrický drift** = nálet druhů (kladení vajíček)
- **Katastrofický drift** = přívaly, ledové dřenice, otravy, znečištění, plavení dřeva, práce v toku
- **Organický drift**
  
- **Seston** = všechny živé a neživé částice unášené vodou
- **Kolonizační koloběh** = osídlovací koloběh tekoucích vod
- Rekompensační mechanismus = poproudový úbytek je nahrazován protiproudovým letem imág



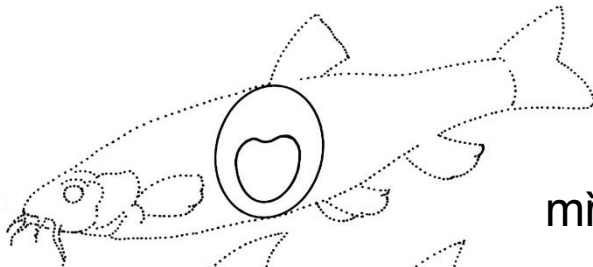
- **Nekton** - překonává silné proudění vody (ryby, kruhoústí, obojživelníci, plazi, raci a krabi), migrace

Adaptace na vyschnutí, salinitu, obsah O<sub>2</sub>, teplotní rozdíly ....

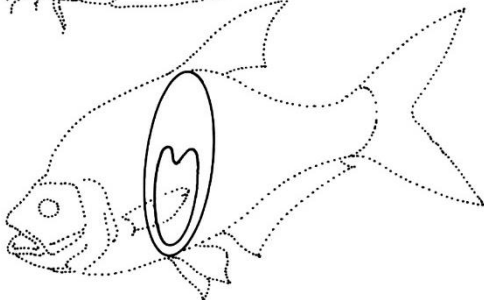
- Morfologická adaptace: Postavení úst (horní a spodní), úprava ústní dutiny (zuby), požerák

Potravní typy ryb: dravé druhy (bolen, pstruh, okoun, mník), planktonofágní (plotice, ouklej), bentofágní (kapr, parma)

- Adaptace na rychlost proudění: losos 800 cm/s, pstruh 440 cm/s, parma 240 cm/s, cejn 55-65 cm/s, kapr 40 cm/s



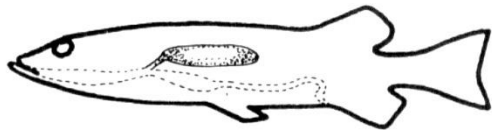
mřenka v tekoucí vodě



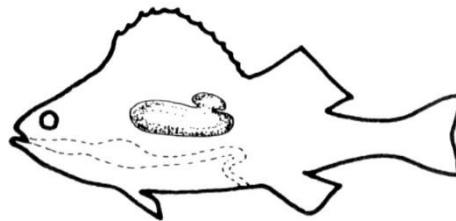
cejn ve stojaté vodě

- Adaptace na výkyvy teplot: teplota vody: eury- a stenotermní druhy, při  $\uparrow$  teplotách se zrychluje dýchání, metabolismus
- Adaptace na koncentraci a obsah  $O_2$ : 7-11 mg/l pro ryby náročné (pstruh), 0,5–1 mg/l (karas, kapr, lín)

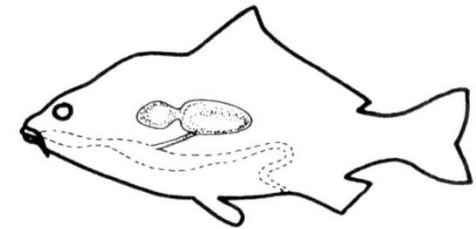
Dýchání žábry, plicní vaky, pomocné dýchání, anaerobický metabolismus (karas)



jednokomorový plynový měchýř u štiky



uzavřený plynový měchýř u okouna



dvoukomorový plynový měchýř u kapra

- Adaptace na koncentrace solí: juvenilní stadia 0-3 g/l, kapr 0-12 g/l, losos 0-36 g/l

# Bentál – povrchová vrstva dna koryta

---

- Nižší rychlost vody, světelná intenzita, hraniční vrstva pro asimilaci a disimilaci
- Liší se **materiál dna koryta** v příčném i podélném profilu: Prudce tekoucí toky (kameny, štěrkopísek) - Mírně tekoucí (štěrkopísek, písek) - Lenitické (píščitobahnité)
- Osídlení kamenů organismy – tvar, velikost, charakter povrchu a substrátu (lithoreofilní, psammoreofilní, pelloreofilní, apod.)

## Kolonizace povrchu

Kameny: horní část (nárosty, ploštěnky, prvoci, háďátka, vířníci, *Oligochaeta*, jepice, pakomáři), spodní část (kolonie hub, mechovky, fotofóbní druhy)

Písek: druhově nejchudší, nárosty chudé, prvoci, pakomáři

Bahno, bahnitopíščité: velmi chudé druhově (horní a nížinné toky), aerobní bakteriální rozklad, prvoci, měkkýši

- Nárůst biomasy: písek < štěrk < balvany < kameny < bahno
- **Reobentos** = společenstvo bentálu, bakterie a řasy, v nárostech konzumenti, zárosty makrovegetace
- Normy ČSN pro hodnocení nárostů, bentosu (makrozoobenthosu), makrofyt v tekoucích vodách

Bakteriobentos: mikrobiální, houby *Fungi imperfecti*

Fytobentos: epilitické, epipelické, epifytické, epizoické (charakter podkladu, světelné podmínky)

- ruduchy, zelené řasy, mechorosty, rozsivky, sinice, nárostová společenstva

Zoobentos: drtiči (shredders), sběrači (collectors), filtrátoři (filter feeders), škrabači (scrapers), spásači (grazers)

## Adaptace bentických organismů na proudění

**Rostliny:** rhizoidy, kotevní systémy

- reobiontní druhy (70–120 cm/s)  
*Cladophora*, reofilní druhy (13–70 cm/s)  
*Elodea*, *Potamogeton*, reoxenní druhy (nižší rychlosti, lenitické prostředí)

**Živočichové:** přilnutí k podkladu – výrůstky, háčky, přísavky, produkce sekretu, síťovité konstrukce proti odplavení, dorzoventrálně či laterálně zploštělé tělo, zátěže, úkryty

- Pozitivní reotaxe = pohyb proti proudu, thigmotaxe = kontakt s podložkou



# Hyporeál – podříční dno

---

- Je součástí toku a plně pod jeho kontrolou
- Materiál dna určuje jeho oživení, propustnost a pórovitost (velikost částice a styčné plochy s vodou)

$$p = \frac{100 \cdot H}{V}$$

$H$  ... možný objem vody vyplňující prostor mezi částicemi,  
 $V$  ... objem částic

- **Hyporeos** (psammon, intersticiální organismy), adaptace na abiotické podmínky
- Vertikální členění (průnik organismů, infiltrace), bohaté zastoupení, tzv. zelená zóna v afotické vrstvě dna (distribuce řas do hloubky 60 cm), vnější faktory mají vliv na strukturu reobentosu

**Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod**

**ČSN 75 7221**

---

Water quality – Classification of surface water quality

**Nahrazení předchozích norem**

Touto normou se nahrazuje ČSN 75 7221 z října 1998.

Tekoucí povrchové vody se podle kvality vody zařazují do pěti tříd kvality:

- I neznečištěná voda;
- II mírně znečištěná voda;
- III znečištěná voda;
- IV silně znečištěná voda;
- V velmi silně znečištěná voda.

**třída I; neznečištěná voda**

stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností a při kterém ukazatele kvality vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí ve vodních tocích

**třída II; mírně znečištěná voda**

stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

**třída III; znečištěná voda**

stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

**třída IV; silně znečištěná voda**

stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které vytváří podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému

**třída V; velmi silně znečištěná voda**

stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které vytváří podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému

POZNÁMKA 1 k heslu Míra znečištění je taková, že při delší expozici existuje vysoká pravděpodobnost chronických ekotoxických účinků a popřípadě i akutní ekotoxicity. Voda může představovat hygienické riziko.



**Tabulka 1 – Mezní hodnoty tříd kvality vody**

Ukazatel	Zkratka, značka, číslo CAS	Jednotka	Třída				
			I	II	III	IV	V
Obecné, fyzikální a chemické ukazatele (mimo živiny)							
elektrolytická konduktivita <sup>a</sup>	–	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
rozpuštěné látky sušené	RL <sub>105</sub>	mg/l	< 300	< 500	< 800	< 1 200	≥ 1 200
nerozpuštěné látky sušené	NL <sub>105</sub>	mg/l	< 15	< 25	< 50	< 100	≥ 100
rozpuštěný kyslík	O <sub>2</sub> rozp.	mg/l	> 8,5	> 7,5	> 6	> 4	≤ 4
biochemická spotřeba kyslíku, pětidenní	BSK <sub>5</sub>	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
chemická spotřeba kyslíku manganistanem	CHSK <sub>Mn</sub>	mg/l	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
chemická spotřeba kyslíku dichromanem	CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60

Mikrobiologické a biologické ukazatele							
termotolerantní (fekální) koliformní bakterie	FC	KTJ/100 ml	< 2 000	< 10 000	< 20 000	< 40 000	≥ 40 000
intestinální enterokoky	ENT	KTJ/100 ml	< 600	< 1 300	< 2 500	< 4 600	≥ 4 600
saprobni index makrozoobentosu		-	< 1,5	< 2	< 2,5	< 3,5	≥ 3,5
chlorofyl-a		µg/l	< 10	< 25	< 50	< 100	≥ 100

# Normy ČSN EN ISO - příklady

---

- ČSN EN 14614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických rysů řek

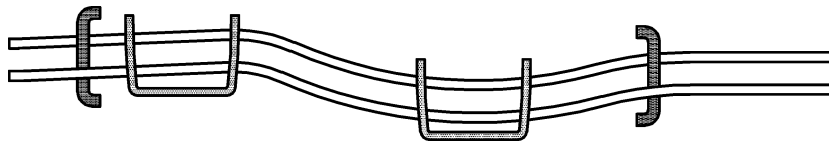
Definují se říční typy dle tabulky:

Velikost:	např. řád toku, velikost povodí, vzdálenost od pramene;
Gradient:	sklon koryta;
Geologie:	minimum tří kategorií, pokud možno více – např. křemičitý, vápenitý, smíšený, organický;
Zeměpisná poloha:	zeměpisná šířka a zeměpisná délka;
Nadmořská výška:	nadmořská výška pramene v povodí, nadmořská výška úseku, který bude hodnocen;
Hydrologický režim:	charakteristický průtokový režim

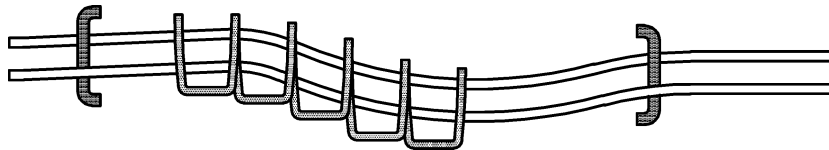
# Normy ČSN EN ISO - příklady

---

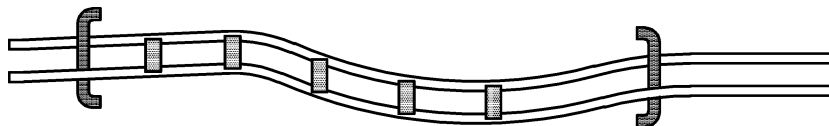
- ČSN EN 15843 - Jakost vod – Návod pro určení stupně modifikace (ovlivnění, změn) morfologie řek
- ČSN EN 14184 - Kvalita vod – Návod pro sledování vodních makrofyt v tekoucích vodách



Oddělené sledované úseky



Řada sousedících sledovaných úseků



Transekty

# Normy ČSN EN ISO - příklady

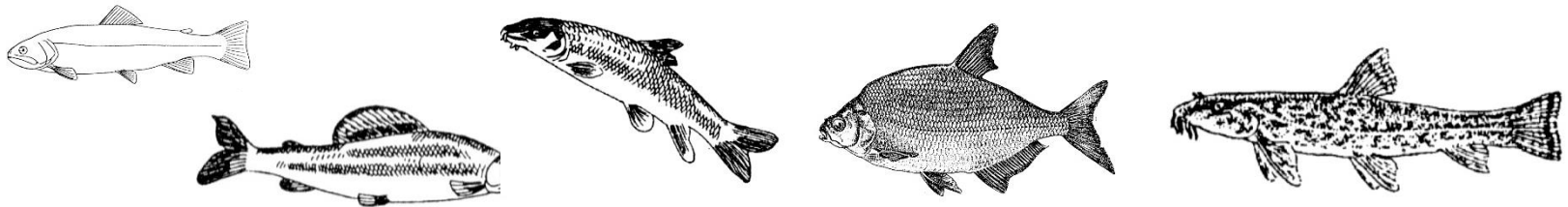
---

- ČSN EN 13946 - Jakost vod – Pokyny pro rutinní odběr a úpravu vzorků bentických rozsivek z řek
- ČSN EN 15708 - Návod pro sledování, odběr vzorků a laboratorní analýzu fyto-bentosu v mělkých tekoucích vodách
- ČSN 75 7715 – Kvalita vod – Biologický rozbor – Stanovení nárostů
- ČSN EN ISO 10870 - Kvalita vod – Návod pro výběr metod a zařízení pro odběr vzorků sladkovodního makrozoobentosu

# Změny rybích společenstev v podélném profilu

---

- Frič (1872) definoval tzv. rybí pásma (horní – střední – spodní úsek toku)
- Pstruhové, lipanové, parmové a cejnové (mřenkové)



- Illies definoval zoocenologickou klasifikaci: krenon, ritron, potamon

**Krenon** (vlastní pramen a pramenná stružka) - přechodný biotop mezi podzemní a povrchovou vodou), **ritron** (spojení pramenných stružek), **potamon** (široké a mělké koryto) - nížinný typ

# Změny v hydrologickém režimu

---

- **Vodní stavby** - Jezové zdrže – různé typy, trvalý objem, regulovaný objem, dočasný objem vody, kombinované stavby
- Trvalá nádrž se zanáší plaveninami a splaveninami, v horní části nové biotopy (ritron)
- Jiné proudění vody u jezových přehrazení
- Propustné jezy zachycují katastrofický drift, erozní průtok, neřízený odtok živého i mrtvého materiálu, ochuzení horních úseků toků
- **Regulace toků** – je nutnou činností
- Zatrubnění toku – nejhorší řešení z ekologického hlediska (chybí komunikace s okolím)
- Opevnění dna a břehů – betonové prvky ovlivňují typ proudění, co podzemní vody?, v létě ohřívání, kyslík, co samočištění?

- Opevnění záhozy – kamenité, štěrkovité jsou bližší přírodě, v případě absence makrovegetace oteplování

## **Co na to vše biocenóza???**

- **Montanizace (ritralizace) dolních úseků řek**

Pod přehradními nádržemi – změny v tocích, vypouštění hypolimnické vody (chladná!) a vznik druhotného pstruhového pásma

Disturbance v druhovém složení makrozoobentosu

- **Přerušení říčního kontinua**

Změna říčních společenstev – hodnotí se míra ovlivnění a posun parametru (vzdálenost diskontinuity)

- **Změna spirálního koloběhu**

Nádrže jsou živinovou pastí, nestratifikované ochuzují toky a stratifikované je dotují

Fragmentace systému, není kontinuum!