

ÚVOD DO HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Miloslav Petrtýl

<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

- Informace k průběhu výuky
- Historie a dělení hydrobiologie
- Význam a uplatnění v praxi
- Voda a hydrologický cyklus
- Povodí ČR

HYDROBIOLOGIE – GARANT

Ing. Miloslav Petrtýl, Ph.D.

kancelář: 422 (B - FAPPZ), e-mail: petrtyl@af.czu.cz

home.czu.cz/petrtyl/

HYDROBIOLOGIE – INFO

- Povolené 2 absence na cvičení za semestr
- okruhy zkuškových otázek jsou na info stránce předmětu
- Přednáškové prezentace jsou zpřístupněny ve formě *.pdf

STUDIJNÍ LITERATURA

• VYHLEDÁVÁNÍ V KNIHOVNĚ SIC

- <https://aleph.czu.cz/>

• ZÁKLADNÍ LITERATURA:

- Lellák, Kubiček 1991: Hydrobiologie
- Dykijová a kol. 1989: Metody studia ekosystémů
- Sládečková 1997: Hydrobiologie pro VŠCHT

• DOPLŇUJÍCÍ LITERATURA:

- Hartman P., Píkrýl I., Štědrónský E. 2005: Hydrobiologie
- Králová : 2001- Řeky pro život
- Kalff J.: 2002 - Limnology - Inland Water Ecosystems
- Wetzel R. G.: 2001 - Limnology – Lake and River Ecosystems
- Ambrožová J. 2003: Aplikovaná a technická hydrobiologie - Skriptum VŠCHT Praha

ZDROJE INFORMACÍ

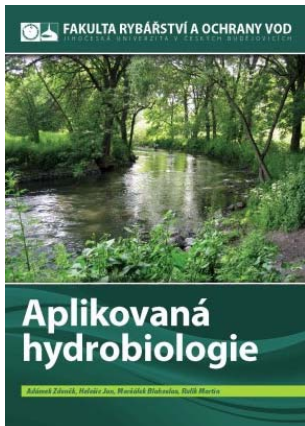
• INTERNETOVÉ ZDROJE:

- Encyklopedie hydrobiologie - VŠCHT
http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.help.htm
- Ekologické aspekty technické hydrobiologie
http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke_aspekty
- Rámcová směrnice o vodě - EU
http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

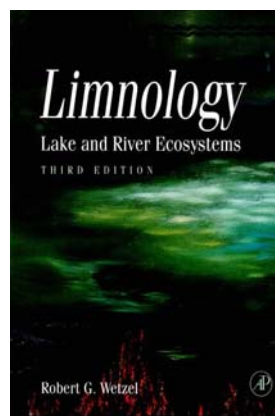
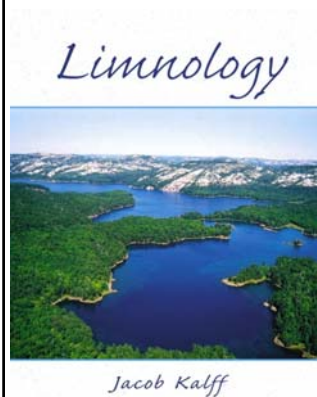
Google knihy: hydrobiology, limnology, freshwater ecology, ..

KNIŽNÍ PUBLIKACE - ZÁKLADNÍ

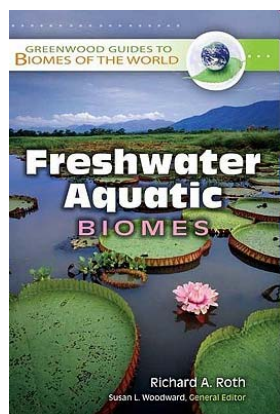
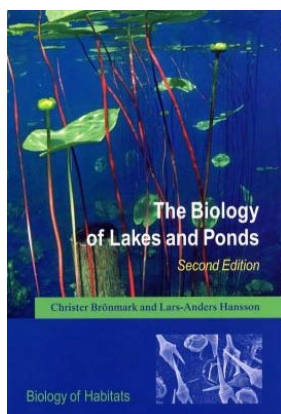
Jan Lellák
František Kubíček
HYDROBIOLOGIE



KNIŽNÍ PUBLIKACE - ROZŠIŘUJÍCÍ



KNIŽNÍ PUBLIKACE - ROZŠIŘUJÍCÍ



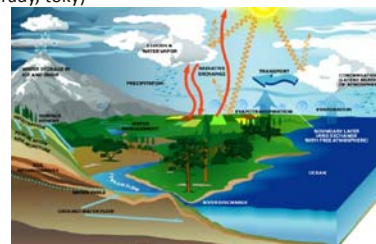
ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ:

Oceánografie

vědní obor zahrnující oceány a moře

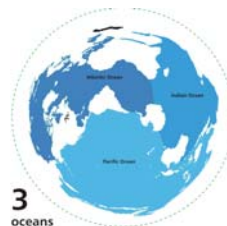
Limnologie („oceánografie vnitrozemských vod“)

Nauka studující život ve vnitrozemských převážně sladkých vodách (jezera, přehrady, toky)



OCEÁNOGRAFIE

- oceány
 - zaujímají 2/3 povrchu Země
 - Přes 95 % objemu veškerých vod



- velmi stabilní s minimem rozdílů a změn - ve stálé biologické rovnováze
- malý vliv organismů na změny podmínek
- vysoký osmotický tlak (přizpůsobení org.)
- relativně málo oživený (oceánské pouště)

OCEÁNOGRAFIE

- Mořská biologie – studium biologické složky v mořích a oceánech
- Chemická oceánografie
- Mořská geologie a geofyzika
- Aplikovaná oceánografie

MOŘSKÁ BIOLOGIE

- [facebook.com/MorskaBiologie](https://www.facebook.com/MorskaBiologie)

LIMNOLOGIE

- **Hydrobiologie – ta nás bude zajímat nejvíce**
- hydrochemie
- hydrofyzika
- geomorfologie
- geobotanika
- meteorologie

LIMNOLOGIE

- původ, rozměry, strukturu a přetváření kotlin a břehů jezer a přehrad
- strukturu a skladbu usazenin na jejich dnech
- fyzikální a chemické vlastnosti vody v celém povodí, její strukturu a dynamiku
- vodní a tepelnou bilanci, kolísání úrovně hladiny
- pohyb vody
- výskyt a vlastnosti ledové pokrývky
- skladbu, koncentraci a bilanci rozpuštěných minerálních a organických látek
- sezónní cykly rozvoje a vzájemného působení vodních organismů, jejich produktivitu a roli při přeměně organických látek a vliv jezer na proces odtoku vody

HYDROBIOLOGIE

HYDROS (VODA) + BIOS (ŽIVOT)

- věda zabývající se studiem veškeré vodní složky biosféry, jejího mořského (marinního) i sladkovodního (limnického) biocyklu.
- Hydrobiologie – zdůrazňuje ekologická hlediska. Specializace na různou problematiku: např. hydrobakteriologii, hydrobotaniku, hydrogeologii, hydrochemii apod.
- Integrace těchto specializací podmiňuje týmovou i mezioborovou spolupráci při studiu vodních ekosystémů.
- Současný stav: Hydrobiologie studuje převážně negativní jevy v životním prostředí s důrazem na vodní ekosystémy.

HYDROBIOLOGICKÝ VÝZKUM V PRAXI

- dlouhodobá terénní pozorování kombinovaná s laboratorními pokusy
- spektrum fyzikálně-chemických faktorů
- Studium produktivity vodního prostředí (a vlivů)
- sledování sezónní populační dynamiky dominantních členů potravních sítí – kvantitativní hodnocení skladby organismů
- soupisy druhů organismů na jednotlivých územích pro potřeby MŽP
- typologie mokřadních systémů na území ČR aj.

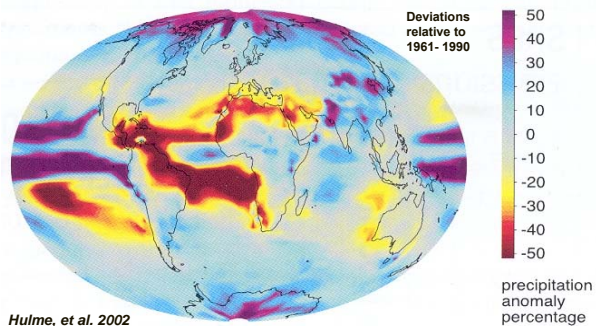
HYDROBIOLOGICKÝ VÝZKUM V PRAXI

- Terénní studia: např.
 - Sezónní sledování populační dynamiky dominantních členů potravních sítí spolu s vlivem abiotických faktorů.
 - Terénní experimenty: např. umělé podkladů, uzavřené prostory, ponožené klece či ohrady situované ve vodě apod. Tím je zkoumán vliv dávkování živin na rozvoj určitých organismů, regulační vliv rybí obsádky na populační dynamiku hydrobiontů a zprostředkovaně i na fyzikálně-chemické faktory prostředí.
- Aplikace poznatků z těchto experimentů na celé vodní ekosystémy patří do okruhu CÍLENÝCH BIOMANIPULACÍ (ekotechnologii).
- V tomto odvětví hydrobiologie má Česká a Slovenská věda důležité postavení.

SPECIFIKA STUDIA VODNÍHO PROSTŘEDÍ

- Pro člověka není voda přirozeným prostředím.
- Informace o vodním prostředí tak musíme získávat zprostředkovaně a mnohdy náročnými způsoby (platí zvláště pro moře, oceány a hlubší jezera).
- Využití přístrojů pro získávání měřitelných hodnot.
- Pokusy v řízených podmínkách (akvária) pro získávání informací o biotické složce.

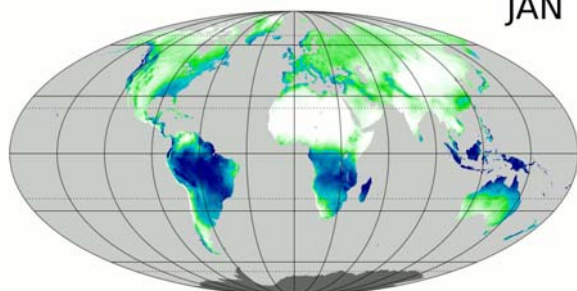
PROGNÓZY VÝVOJE KLIMATICKÝCH ZMĚN



Změny srážek v roce 2080 proti dnešku

PŘEHLED SRÁŽKOVÝCH ÚHRNŮ

JAN



Distribuce průměrných srážek v průběhu roku

HISTORIE - POČÁTKY HYDROBIOLOGIE

- První pozorování se soustřeďovala na ryby, neboť ty měly bezprostřední význam pro člověka
- 384 l. před Kristem ARISTOTELES si např. všímal larev komárů
- 74 l. před Kristem PLINIUS se již zmiňoval o „vodních květech“ (sinicích)
- středověk: 16. a 17. století - rozmach rybníkářství to vedlo ke studiu života ve vodě
- Jan Skála z Doubravky (DUBRAVIUS) – kniha O rybnících



- Sestrojení drobnohledu Holanďanem Antoni von **LEEUWENHOEKEM** (1632 -1723)



- René de **Réaumur** (čti reomír) (1683-1757), fr. fyzik (0-80) a přírodovědec
 - (objevil např. regeneraci u raků)
 - studie o životě nezmarů, chrostíků, vážek a jepic



- **Otto Frederik MÜLLER (1730-1784)**
 - dánský zoolog a botanik
 - popisy vodůl, drobných korýšů a nálevníků

- **Christian Gottfried EHRENBURG**
 - základní dílo o nálevnicích
 - Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen (2 vols., Leipzig, 1838)



- **WEISMANN a CLAUS** – hydrobiologická pozorování a založení prvních stanic pro studium mořské biologie

- V 70. a 80. letech 19. stol. se začíná vyvíjet i nauka o životě ve vnitrozemských vodách – dnešní limnobiologie

Hlavní zásluhu na tom měl švýcarský vědec **F. A. FOREL**, který sepsal monografii o Ženevském jezeře (Le Léman), která vyšla v r. 1892-1904



1. NĚMECKÁ ŠKOLA

Zacharias, Thienemann

- Německá škola Otto ZACHARIAS
- založil 1. limnologickou stanici na jezeře Plön a začal vydávat první limnologický časopis – r. 1890
- Z této tradice pak vyrostla německá hydrobiologie s pozdějším vedoucím Augustem THIENEMANNEM, který byl profesorem hydrobiologie na universitě v Kielu



2. ŠVÝCARSKÁ ŠKOLA

Friedrich ZSCHOKK a Carl SCHRÖTER

- Jejich spolupracovníci se věnovali studiu švýcarské sladkovodní zvířeny v jezerech s orientací na hydrofaunu glaciální /glaciodobiologie/
- Teprve později vznikaly stanice i v jiných zemích

3. ČESKÁ ŠKOLA

Dr. Antonín Frič (1832-1913)

zoolog, paleontolog, geolog, také hydrobiolog a ichtyolog
„Zakladatel české hydrobiologie“

- založil r. 1864 při českém Národním museu tzv. „Komitét pro přírodovědecké prozkoumání Čech“
- studoval soustavně život ve sladkých vodách
- **1888** Sestrojil první terénní biologickou stanici



Dr. Antonín Frič

ČESKÁ HYDROBIOLOGIE PO FRIČOVI

Prof. dr. Karel Schäferna (1884 -1950)

- Významný český hydrobiolog mezinárodní úrovně
- zakladatel mezinárodní limnologické společnosti (1922) v Kielu
- spoluzakladatel VÚRH
- redaktor Rybářského věstníku

Po 2. světové válce založená Pražská Hydrobiologická škola pod vedením J. Hrbáčka

Konec minulého století až po současnost viz autoři doporučované soudobé odborné literatury

HYDROBIOLOGICKÉ BĀDÁNÍ PŘELOM 19. - 20. STOLETÍ

- 1) kvantitativní hodnocení organismů
- 2) výzkumy vlivu jednotlivých fyzikálních a chemických faktorů
- 3) studium produktivity vodního prostředí
- 4) studium znečištění povrchových vod

EKOLOGICKÝ NÁHLED

Raymond L. Lindenman - 1942

Důležitá publikace: The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology

Novodobé pojetí funkce tropických úrovní, přestupu energie a koloběhu látek v prostředí

Lindenman, Raymond L. 1942. The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. Ecology 23:399–417

VYUŽITÍ ZNALOSTÍ HYDROBIOLOGIE

- referáty životního prostředí – odd. voda (OÚ aj.)
- čistírny odpadních vod
- správy povodí – hodnocení kvality vody
- vědečtí pracovníci - VÚV TGM Praha 6 - Podbaba
- KHES popř. jiné hygienické stanice
- různá vědecká pracoviště (akademie, rybářský výzkum, soukromé firmy s ekologickým zaměřením)

PŘÍKLAD INSTITUCÍ

- Výzkumný Ústav Rybářský a Hydrobiologický – VÚRH Vodňany
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka – VÚV Praha, Brno, ..
- Povodí Labe, s.p.
- Povodí Vltavy, s.p.
- Povodí Ohře, s.p.
- Povodí Odry, s.p.
- Povodí Moravy, s.p.



VODA JAKO SOUČÁST ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

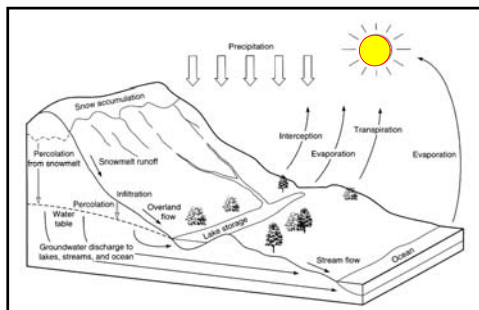
- Tvoří podstatnou část biosféry.
- Pokrývá 72,8 % zemského povrchu.
- Z toho jsou 2% sladkovodní a 70,8 % mořské systémy.
- V současné době třetina povrchu pevniny má nedostatek vody
 - Pro získání pitné (i užitkové sladké) vody může být odsolování mnohdy perspektivnější než čištění a dopravování sladké vody

ROZLIŠENÍ PEVNINSKÝCH VOD

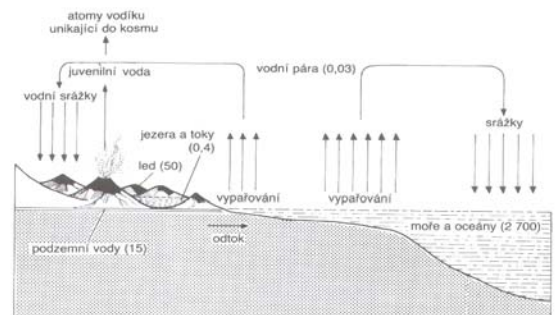
- Vody podzemní –
 - průlinové (mezi kompaktními horninami, včetně krasových)
 - puklinové (pohybují se v pórech propustných hornin)
- Vody povrchové –
 - tekoucí (prameny, potoky, řeky, toky)
 - stojaté (jezera, rybníky, přehrady, aj.)

HYDROLOGICKÝ CYKLUS – HYBNÉ SÍLY

- Ke koloběhu vody dochází účinkem sluneční energie a gravitace
- Záření – odpar – ochlazení – kondenzace – gravitace – srážky



HYDROLOGICKÝ CYKLUS



1. Velký hydrologický cyklus v biosféře ($v \cdot 10^3 \cdot km^{-2} \cdot rok^{-1}$). Na kontinenty se z vody odpařené z hladiny světových oceánů a moří dostává jenom asi 10 k. Větší část vodního koloběhu probíhá nad oceány. Molekulární vodík unikající do kosmického prostoru je nahrazen juvenilní vodou ze sopečné činnosti (podle různých autorů, upraveno)

HYDROLOGICKÝ CYKLUS

Průběh malého cyklu je významně ovlivněn vegetačním pokryvem.

- V sušších oblastech bez vegetace se voda vsákne a spojí s podzemní vodou či se rovnou odpaří zpět do atmosféry
- V oblastech s vegetačním pokryvem dojde částečně k odčerpání vody rostlinami.
- Rostliny zároveň zvyšují schopnost půdy udržet vodu (vláskové kořinky, koloidní částice, humus)
- Odstranění vegetace vede často k nevratné změně na poušť (deštné lesy v tropickém pásmu)

ROZLOŽENÍ VODY V BIOSFÉŘE

	objem (v tis. km ³)	%	Doba obnovení
oceány	1 370 000	97,61	37 000 roků
polární led a ledovce	29 000	2,08	16 000 roků
podzemní voda (volně pohyblivá)	4 000	0,29	300 roků
sladkovodní jezera a jiné nádrže	125	0,009	1-100 roků
slaná jezera	104	0,008	10-1000 roků
půdní vlhkost	67	0,005	280 dnů
řeky	1,2	0,000 09	12-20 dnů
atmosférická vlhkost	14	0,0009	9 dnů

ČR MÁ NEDOSTATEK POVRCHOVÝCH I PODZEMNÍCH ZDROJŮ

ČR srážkové úhrny jsou u nás na 2/3 světového průměru
průměrné srážky : svět 1010 mm/rok, ČR 668 mm/rok

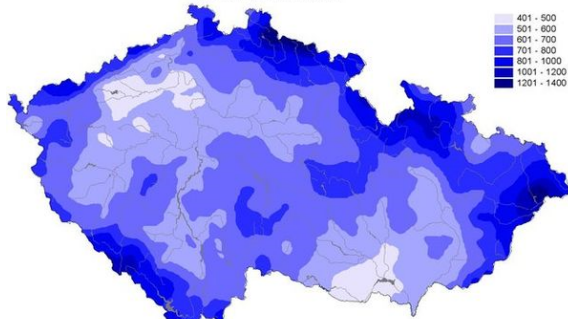
Povrchové vody

- leží na rozvodí třech moří
- má k dispozici jen prameniště a horní toky řek odvádějící vodu mimo území státu
- Hlavní zdroj atmosférické srážky

Podzemní vody

- Na jednoho obyvatele 6x menší zásoby než světový průměr
- Spotřeba rapidně narůstá (až tisíce litrů na den na osobu)
- Potřeba účinného čištění, úsporné systémy a technologie

Normály ročních srážkových úhrnů 1961 - 90 [mm]
(Měsíční srážky viz: Světová a Reg. Řeky)



400 – 1700 mm

Průměrné roční srážky v letech 1961 až 1990
ČHMÚ (<http://www.chmi.cz/meteo/ok/nsrz6190.jpg>)

ZÁSoby VODY V ČR

- Velký rezervoár podzemní vody
- Česká křídlová pánev („od Děčína k Brnu)
- Pískovcové usazeniny v hloubce 60-600m
- Stáří 90 mil let (druhohorní moře na našem území)
- Voda, která napršela i před desítkami tisíc let zde pomalu protéká přes pískovcové póry rychlostí několika desítek cm/rok.
- Velmi čistá voda
- Při nadměrném čerpání se nestačí voda obnovovat

VÝHLED DO BUDOUČNA

- Předpokládaný nárůst průměrných teplot o několik °C
- Častější výskyt period s minimem srážek
- Zhruba 70% Česka ohroženo suchem
- Vyšší podíl různých omezení:
 - Zákaz čerpání ze studen
 - Zákaz zavlažování pitnou vodou
 - Zákaz napouštění bazénů
- Tlak na snižování spotřeby vody
- Tlak na vyšší zastoupení recyklace (čištění) vody
- Změna skladby pěstovaných plodin (Evropa=obilnice)

VÝHLED DO BUDOUCNA

- Snížení spotřeby vody
- Zamezení plýtvání (staré vodovodní rozvody)
- Agrotechnická opatření a střídání plodin
- Hospodaření s vodou v krajině
- Rekultivace mokřadů
- Odstranění meliorací

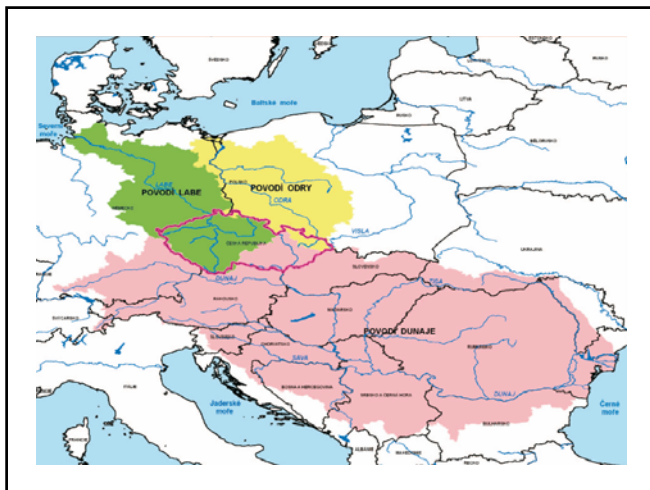
POVODÍ ČR

- ČR je významnou pramennou oblastí
- Hydrologická "střecha Evropy"
- 76.000 km vodních toků (1/5 větší řeky)
- průměrný odtok 15 mld. m³ vody za rok

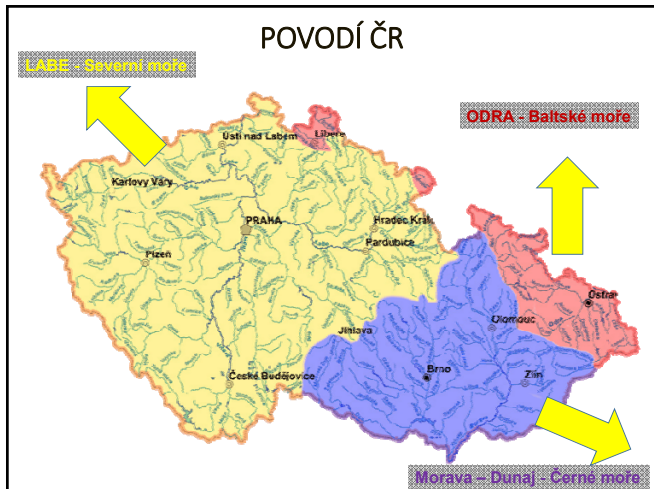
Příklady velikosti povodí:

Labe – 49 900 km²
 Vltava – 21 700 km²
 Ohře – 7 300 km²

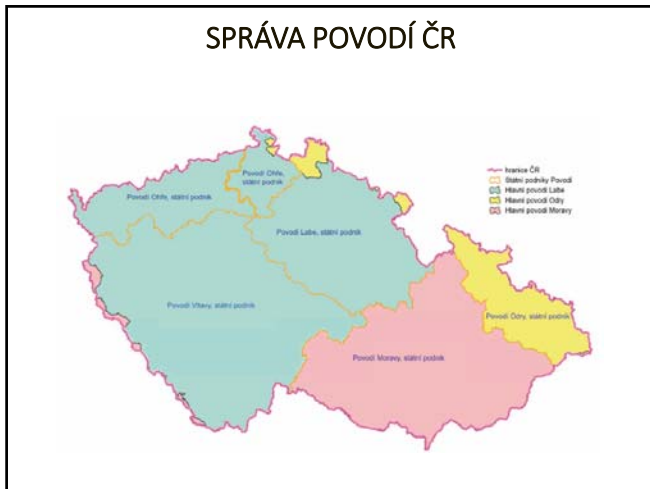
Na našem území se nachází více než **23.000** nádrží a rybníků, které (s výjimkou 6 přírodních šumavských jezer) vytvořili lidé.



POVODÍ ČR



SPRÁVA POVODÍ ČR



SOUČASNÝ STAV - ČR

- Předpis č. 229/2007 Sb - Novela nařízení vlády č. 61/2003 Sb. účinná od 1.10.2007 - ochrana vod
- Od 1.října 2007 vstoupila v účinnost novela nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

SOUČASNÝ STAV - ČR

- **Rámcová směrnice o vodě (ČR musí plnit):**
<http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/>
- Českým systémem je „IS ARROW“ jež provozuje ČHMÚ



IS ARROW provozuje ČHMÚ jako národní referenční středisko pro monitoring v rámci Územní asistence pro MŽP. Systém umožňuje sledovat a spravovat výsledky programů monitoringu, včetně se sledováním chemického stavu a ekologického stavu vod, dle požadavků Směrnice Rady č. 2000/60/ES, ustavení řízení pro Územní Společnosti v oblastech vodohospodářské politiky (Rámcová směrnice) a jejich znečištění pro látkou i odbornou veřejnost.

POVRCHOVÁ VODA

Vyber profil jakosti povrchových vod

Jd. objektu
Název objektu
Název toku
Kraj
Okres
Oblast povodí
Hydrologické povodí
Vodní útvar
Skupina objektů
Stávající časově rozsah pro chemická a biologická data
Rok od 2008 Rok do 2011

Vyber objekty s existujícími chemickými daty
Vyber objekty s existujícími biologickými daty

Další parametry filtračního formuluáře
 Uplatnit chemická parametry výběru dat
 Uplatnit biologické parametry výběru dat

Vyhledat profily povrchových vod

PODZEMNÍ VODA

Vyber oblastí jakosti podzemních vod

Jd. objektu
Název objektu
Kraj
Okres
Hydrogeologický rajón
Stratigrafie kolektoru
Vodní útvar
Skupina objektů
Stávající časově rozsah pro chemická data
Rok od 2008 Rok do 2011

Vyber objekty s existujícími chemickými daty

Další parametry filtračního formuluáře
 Uplatnit chemická parametry výběru dat

Vyhledat objekty podzemních vod

Dotazní záznam IS Arrow

Objekty povrchových vod
 Typy vodních útvarů
 Typy chem. ukazatelů
 Hydrologické povodí
 Objekty v laboratoři
 Toky
 Typy odběrů
 Typy odběrů
 Územně správní jednotky
 Hodnotící limity
 Biologické stáby
 Jednotky

PRO ZLEPŠENÍ ZNALOSTÍ

<http://vitejenazemi.cenia.cz/hry/>

Ochrana vod - novela nařízení vlády:

<http://eko-net.cir.cz/novela-narizeni-vlady-c-61-2003-sb-ucinna-od-1-10-2007-ochrana-vod>

DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>

HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtýl

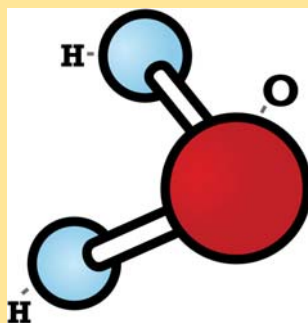
<http://home.czu.cz/petrtyl/>

VODA - ABIOTICKÉ FAKTORY

- Molekulární struktura vody
- Základní fyzikální parametry
- Základní chemické parametry

MOLEKULÁRNÍ STRUKTURA VODY

- Struktura molekuly
- Anomálie
- Vlastnosti

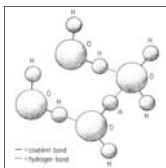
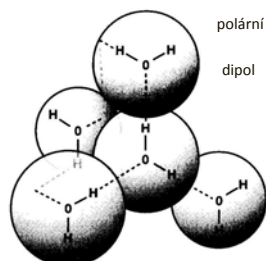


VODA

- Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá.
- V přírodě se vyskytuje ve třech skupenstvích:
 - pevné – led a sníh
 - kapalně – voda
 - plynně – vodní pára.
- Její významné vlastnosti tvoří spolu se vzduchem (kyslíkem) a základní podmínky důležité pro život na Zemi.
- Organismy (až na výjimky) obsahují značné množství vody 70-98%

Vodíkové můstky ovlivňují významně vlastnosti vody kapalina při teplotách 0 - 100 °C
H₂S, NH₃, CH₃ plyny

Anomálie vody ovlivňuje hustotu oproti jiným kapalinám



	CH ₄	NH ₃	H ₂ S	H ₂ Se	HF
Bod tání	-182.6	-77.7	-82.9	-64.0	-83
Bod varu	-161.4	-33.4	-59.6	-42.0	-19.4

Polarita - dobré rozpouštědlo pro soli, nepolární látky nerozpustné - hydrofobie

Významné vlastnosti vody:

- Velká tepelná kapacita – termohalinní výměník (světový oceán + atmosféra zajišťují relativně stabilní podmínky).
- Velká rozpouštěcí schopnost a malá reaktivita (polární rozpouštědlo).
- Vysoké povrchové napětí - kapilární vztlakovost, životní prostředí pro malé vodní organismy na hladině.

ANIMACE STRUKTURY A CHOVÁNÍ MOLEKUL(Y) VODY

V molekule vody jádro atomu kyslíku s 6 protony přitahuje 2 elektrony atomů vodíku silněji než jejich vlastní jádra; díky tomu sdílené elektrony stráví při oběhu více času na straně kyslíku a ten pak získává slabý záporný náboj, vodíky vykazují slabý náboj kladný; tento typ vazby se nazývá polární kovalentní vazba protože určité oblasti (póly) molekuly mají slabý pozitivní či negativní náboj.

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VODY

- hustota
- teplota
- viskozita
- hydrostatický tlak
- průnik světla
- barva a zabarvení



HUSTOTA

Závisí na množství rozpuštěných látek, na teplotě a na tlaku.

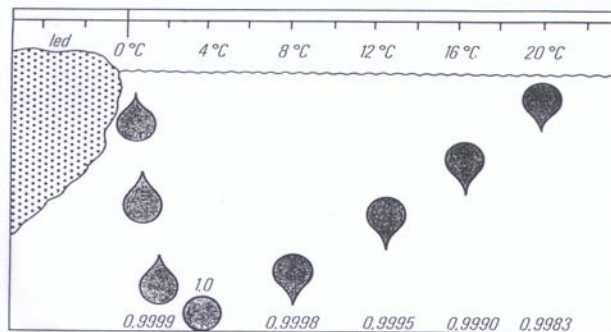
JEDNOTKA: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ případně $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$

Množství rozpuštěných látek ve vodě je obvykle $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, u nás $0,1 - 0,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (mořská voda $35 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Vliv teploty

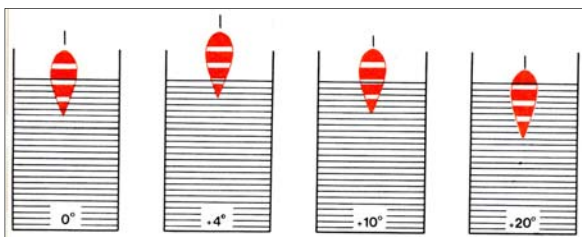
- **Voda má největší hustotu při $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (přesněji $3,94 \text{ }^\circ\text{C}$) (1000 kg/m^3)**
 - Při zvyšující se i snižující se teplotě se měrná hmotnost vody snižuje a studenější a teplejší voda je proto „lehčí“
 - Při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ jen 997 kg/m^3
 - Proto se v nádržích tvoří led jen u hladiny a u dna se hromadí voda $4 \text{ }^\circ\text{C}$ teplejší

HUSTOTA VODY PŘI RŮZNÝCH TEPLOTÁCH



Specifická hmotnost vody při různých teplotách

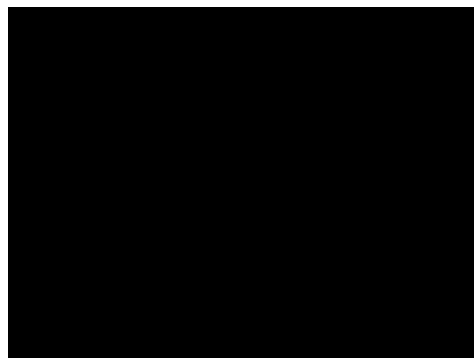
HUSTOTA



Za různé teploty je těleso o stejné objemové (měrné) hmotnosti různě ponořeno

Změna hustoty vody při $0 - 4 \text{ }^\circ\text{C}$ je 30x menší než okolo $20 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$, studená voda stabilnější, dole v létě i v zimě

Vrstvení vody v závislosti na teplotě - [VIDEO](#)



TEPLOTA VODY

- M zásadní význam pro:
 - koloběh látek
 - intenzitu metabolismu vod. organismů
 - ovlivňuje tak přímo primární i sekundární produkci

JEDNOTKA: °C

- Změny teploty vody během roku spolu se světelnou periodicitou nejvíce ovlivňují aktivitu a biorytmy vodních organismů a jejich vývojové cykly
- Měření pomocí teploměrů, data loggerů, sond,...

TEPLOTA VODY

- Tepelná radiace v nádrži pochází ze třech zdrojů
 - sluneční záření – hlavně infračervená složka
 - zemské nitro (geotermální zdroj) – vřídla, horké prameny
 - lidská činnost – antropický faktor (chladicí systémy, vytápění)
- Relativně málo významné je předávání tepla z ovzduší a částečně ze dna nádrže, resp. přítoku.
- **DENNÍ TEPLOTNÍ REŽIM**
 - U tekoucích vod jsou obecně díky promíchávání vody rozdíly teplot v různých vrstvách či v průběhu dne minimální.
 - S ohledem na vysokou tepelnou kapacitu nedochází ani u stojatých vod v průběhu dne a noci k výrazným změnám teploty vody (viz pocitový rozdíl při koupeli přes den a večer)

TEPLO A TEPELNÁ KAPACITA

Specifické teplo (kolik energie (kJ) potřeba na ohřátí 1 kg vody o 1 °C) je relativně vysoké = voda má vysokou tepelnou kapacitu (mnohokrát větší než vzduch) – ohřáté masy vody působí jako akumulátor tepla

- Ochlazením vody o 1 °C voda teoreticky oteplí stejné množství vzduchu o 4 °C
- m³ vody při 30 °C drží v sobě 500x více tepla než stejný objem vzduchu při stejné teplotě

Odparné teplo – též vysoké, působí proti přehřívání (odparem se snižuje energie a nezvyšuje se tolik teplota)

Tepelná vodivost vody je 25-30x vyšší než tepelná vodivost vzduchu - chladná voda ochlazuje daleko rychleji než vzduch

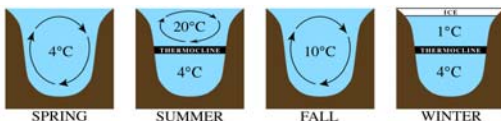
přesto molekulární přenos tepla vodou i na malé vzdálenosti je zcela bezvýznamný, téměř veškerý přenos se proto uskutečňuje pohybem (prouděním) vody

ROZVOD TEPLA - PROUDĚNÍ

- Hlavním zdrojem energie je sluneční radiace
- Teplo se šíří převážně prouděním
- Ke stabilitě termálního rozvrstvení přispívá rozdílná hustota a viskozita různých teplotních vrstev
- Střídavým oteplováním a ochlazováním svrchních vrstev vody vzniká konvekční vertikální proudění jímž se pravidelně v denním rytmu (=cirkadiánně) promíchávají svrchní vrstvy (v noci ochladí vrchní vrstvy a klesají...)
- Horizontální proudy (drift) vytváří vítr
- Jarní a letní promíchávání se realizuje jen do hloubky, které ovlivňuje konvekční a driftové proudění, hranice se nazývá skočná vrstva - termoklina

SEZÓNNÍ ROZVRSTVENÍ TEPLoty

- Roční cyklus různorodé stratifikace vytváří specifické fyzikálně-chemické podmínky. Ovlivňuje koloběh látek i biotickou složku
- V různých podmínkách se kombinují různé typy termálních stratifikací a cirkulací
- Pro jezera a hluboké nádrže mírného pásma je běžné:
 - jarní a podzimní cirkulace, letní a zimní stagnace – nádrže dimiktické
 - pokud se aspoň jednou promísí celý vodní sloupec holomiktické, opak meromiktické (bez mísení)

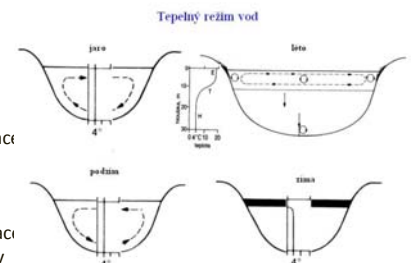


DIMIKTICKÉ JEZERO

jarní míchání (vliv větru)

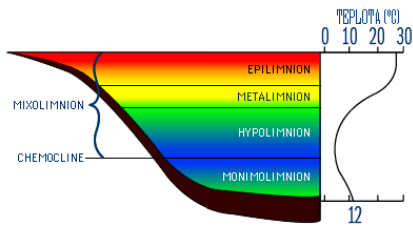
letní stratifikace
podzimní míchání
zimní (převrácená) stratifikace

mělká jezera a rybníky se promíchávají stále, stratifikace není nebo jen velmi krátce v létě



oteplení svrchních vrstev přes den a ochlazení přes noc, kdy klesá chladnější voda dolů (beztváří)

MEROMIKTICKÁ NÁDRŽ MÁ STABILNÍ VRSTVENÍ



velmi hluboké, dole rozklad padajících látek, uvolňuje se spousta minerálních látek – voda s větší hustotou, která se nepromíchává (i po desetiletí)

STRATIFIKACE DLE PODNEBÍ A HLOUBKY

Zhruba směrem od pólu k rovníku jsou nádrže těchto typů:

amiktické – trvale zamrzlé, není míchání

studené monomiktické – chladné oblasti v zimě led, 1x míchání v létě, když rozmrzne

studené polymiktické – mělké, led v zimě, léto bez ledu, patří tam i naše rybníky

dimiktické (hlubší nádrže v našich podmínkách)

teplé polymiktické – mělké, v zimě bez ledu, vícekrát se míchají

teplé monomiktické – hluboké, bez ledu, míchají se v zimě, kdy nemrzne

oligomiktické – míchají se v závislosti na podmínkách počasí každý rok jinak (jezera v severní Americe se míchají jen některé roky)

VISKOZITA (VNITŘNÍ TŘENÍ)

• vnitřní odpor molekul kapalin tj. odpor proti vlastnímu pohybu, který klade nejen sama sobě, ale i pohybu jiných částic včetně organismů

- odpor, který klade voda tělesům, jež se v ní pohybují

• voda 100x větší než vzduch

• voda x olej

• s teplotou viskozita klesá

• voda při 25 °C poloviční než 0 °C

- rychlejší pohyb, ale i sedimentace

VISKOZITA (VNITŘNÍ TŘENÍ)

ovlivňuje vznášení planktonních organismů v létě - jedna z teorií cyklomorfózy (změny tvaru planktonu)



Cyklomorfóza hrotnatky *Daphnia cucullata* v jezeře Furesee. Na spodní straně řady jsou data odběru vzorků, nad řadou teploty ve °C (podle Wessenberg-Lunda, 1959 in Schubert a Lellák 1972)

HYDROSTATICKÝ TLAK

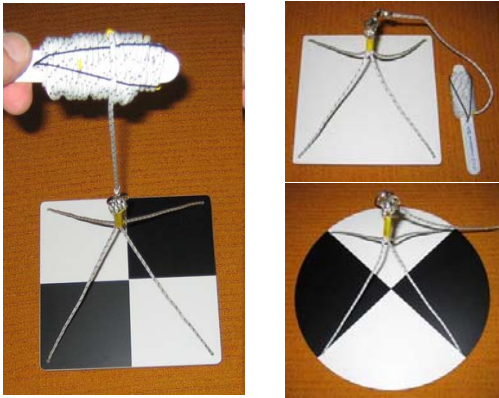
JEDNOTKA: Pa (pascal), kPa, mPa,...

- Na hladině tlak přibližně **101,3 kPa** (1,013 bar).
- S hloubkou roste tlak vody **na každých 10 m o 100 kPa** (1 bar tj. 1 atmosféru)
- v 10 m je tedy dvojnásobný, ve 20 m trojnásobný...
 - úměrně tlaku se zmenšuje objem plynu (v 10 m poloviční) - Boyle-Mariottův zákon
 - voda však objem téměř nezmenšuje - při tlaku 40 MPa (hloubka vody 4000 m) zmenší voda svůj objem pouze o 2 % (nestlačitelnost kapalin)
 - v hloubkách žijící organismy **nemají v těle prostory vyplněné vzduchem**
- ovlivňuje rozpouštění dusíku v krvi tzv. kesonová nemoc

HYDROSTATICKÝ TLAK

- U organismů s plynovými vakuolami, ryb s plynovým měchýřem stejně jako u potápějících se ptáků a savců dochází při zvyšování tlaku k velkým změnám objemu vzduchu v souladu s jeho stlačitelností (podle Boyle-Mariottova zákona).
- Se zvyšujícím se tlakem se zvyšuje rozpustnost CO_2 , a ten zvyšuje rozpustnost vápníku ve vodě a tím se zvyšuje i stabilita systému uhlíčan : hydrogenuhlíčan. Hlubinní živočichové proto obtížně kryjí fyziologickou potřebu vápníku, což se projevuje redukcí jejich koster.

PRŮHLEDNOST – SECCHIOHO DESKY

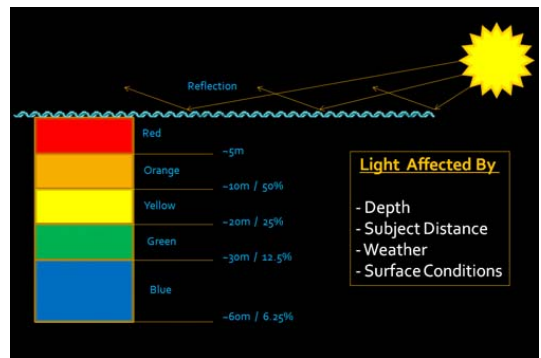
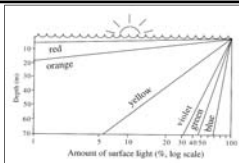


PRŮNIK SVĚTLA O RŮZNÝCH VLN. DÉLKÁCH DO VODY

- V destilované vodě by nejdále pronikala modrá část světla (UV), má nejmenší vlnovou délku a nejméně pronikala červená část (IF), která je nejlépe pohlcena
- Modrá část je však (ačkoli není pohlcena) lehce rozptýlena a odražena a to třeba již rozpuštěnými částicemi solí, takže i v průhledné vodě naopak proniká nejméně, protože se první odráží vidíme čistou vodu jako modrou
- sebumenší množství částic modrou část spektra pohlcují (takže se nerozptyluje a neodráží) a voda se pak jeví zelená, jelikož to je to co proniká nejdále a pak se rozptyluje a je vidět odražené je zelená část (zelenohnědá)

Průnik světla o různých vln. délkách do vody – různé zdroje

Barva	Vlnová délka [nm]	Extinkční koeficient	Absorb. světlo v $\% \cdot m^{-1}$
-	800	1,87	84,6
Červená	720	1,05	65,0
Oranžová	613	0,25	22,2
Žlutá	565	0,043	4,2
Zelená	504	0,010	0,9
Modrá	473	0,005	0,46
Fialová	408	0,010	0,9
-	365	0,036	3,6



Bez dodatkového zdroje světla mizí výrazné barvy (červená)



Zdroj světla pomůže zviditelnit barvy ovšem pouze dostatečně blízko

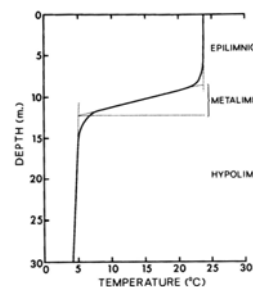
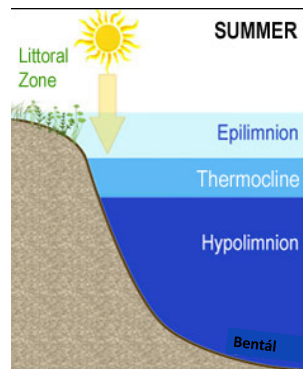
PRŮNIK SVĚTLA - EUTROFNÍ ČI ZAKALENÁ NÁDRŽ

- Ve vodě s obsahem humusových látek, nebo ve vodě zakalené je krátkovlnné záření velmi rychle absorbováno.
- Výsledkem je, že ve větší hloubce převládá záření o delší vlnové délce – oranžové a červené (přibližně nad 600 nm).

STRATIFIKACE SVĚTLA

- Světlo podmínkou života autotrofů (resp. FAR – fotosynteticky aktivní radiace)
- Ve vodním sloupci převážně sinice a řasy
 - svrchní vrstva eufotická (trofogenní, syntetická)
 - kompenzační bod fotosyntézy, níže již tak málo světla, že fotosyntéza nestačí pokrýt vlastní respiraci
 - vrstva afotická převládají disimilační procesy
- Hloubka eufotická vrstvy se počítá z průhlednosti, násobené koeficientem dle množství částic rozptýlených ve vodě
 - závisí na turbiditě a trofii

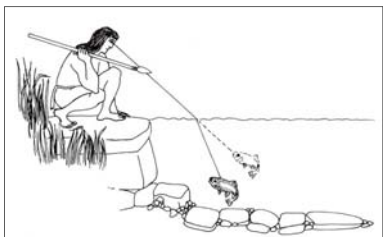
STRATIFIKACE – ZONACE - VRSTVY



LOM SVĚTLA

Lom světla při průchodu vodním sloupcem způsobuje, že objekt pod hladinou vidíme v jiném místě, než skutečně je.

Světelný paprsek se při průchodu z prostředí řidšího (vzduch) do prostředí hustšího (voda) láme ke kolmici.



LOM SVĚTLA



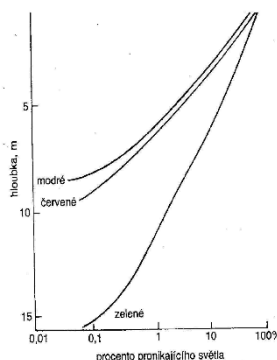
Objekt vidíme o cca 1/3 větší a o 1/4 blíže, než je ve skutečnosti

BARVA VODY

- Pozorovaná barva vody je výsledkem rozptylu světla a absorpce
- Přesné posuzování – pomocí spektrofotometru
- Z přirozených sloučenin ovlivňují barvu hlavně:
 - **huminové kyseliny**, které zbarvují vodu do žluta
 - **suspenze organických látek** (jílu, popela apod.), ty zbarvují vodu zpravidla do žlutočervena až hněda

Skutečná barva vody je dána jen rozpuštěnými látkami

Množství světla přijatého vodou a hloubka jeho průniku závisí na obsahu látek a biologickém oživení vody



oligotrofní nádrž s vysokou průhledností

Nejvíce se absorbuje červené (fialové), nejméně zelené (žlutozelené)

- vrstva 1 m vody absorbuje 65% červeného a jen 1% zeleného světla

modré se sice absorbuje nejméně, ale dochází u něho k rozptylu a odrazu, takže hluboko nepronikne, stejně UV

ZBARVENÍ VODY

- Vyjadřuje **vizuální vjem vyvolaný pohledem na bílou plochu**, ponořenou do nádrže (Secchiho deska)
- Je to charakteristika používaná zvláště v rybářství
- Kromě skutečné barvy vody vyvolané rozpuštěnými látkami zahrnuje také vliv:
 - suspendovaných látek (anorganický zákal např. při velké vodě)
 - vodních organismů (vegetační zákal)
 - rozpuštěných látek (huminové kyseliny)

Zdánlivá barva vody: skutečná + posun daný okolím (odraz stromů, okolí) nebo částicemi ve vodě nerozpuštěnými

CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY

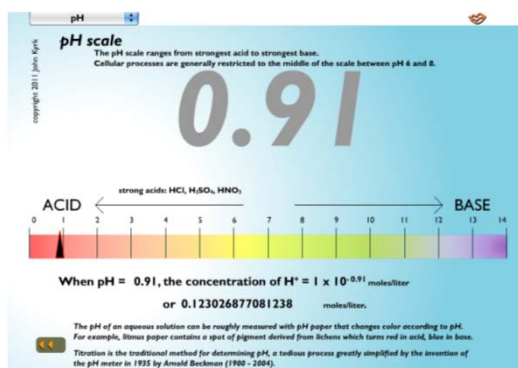
- reakce pH
- redox potenciál
- konduktivita
- rozpustnost látek ve vodě



pH - reakce vody

- Chemicky je pH definováno jako - záporná hodnota dekadického logaritmu aktivity vodíkových iontů v roztoku
$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$
- významný abiotický faktor životního prostředí, který určuje rovnovážný stav mezi H_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ a CaCO_3 ve sladkých vodách
- Pro ryby a většinu organismů je nevhodnější reakce mezi **6,5 - 8,5**
- Hodnoty pod 5 a nad 9,5 jsou pro ryby nebezpečné

pH - ANIMACE



pH - reakce vody

Kdy a kde se objevuje nízké pH:

- na jaře při tání sněhu
- v oblastech s kyselým geologickým podkladem
- v povodí se smrkovými monokulturami
- v místech vrchovištních rašeliništ

Kdy vysoké pH:

- objevuje se koncem jara a v létě v důsledku odčerpání volného CO_2 a HCO_3^- fotosyntézou

Významné:

- při pH nad 8 se uvolňuje z amonných sloučenin NH_3 což je nebezpečné pro ryby

MOŽNOSTI ÚPRAVY PH

- Slabě kyselé vody se upravují vápněním.
- V rybnících se aplikuje močovina.
- Aplikace uhličitanu amonného .

KONCENTRACE H⁺ SYSTÉM ROVNOVÁHY FOREM CO²

pH - koncentrace aktivních vodíkových iontů je dána mírou disociace přítomných rozpuštěných látek:

- Ve vnitrozemských vodách je obvykle nejhojnějším typem iontů uhličitán
 - některé z jeho forem: CO₃²⁻, HCO₃⁻, nedisociovaná H₂CO₃, rozpuštěný (volně hydratovaný) CO₂
 - stav tohoto systému tj. míra disociace forem oxidu uhličitého, je neoddělitelně spjat s hodnotou pH vody

KNK (ALKALITA)

- KNK = yselinová neutralizační kapacita.
- schopnost vody vázat určité látkové množství kyseliny do zvolené hodnoty pH (tj. neutralizovat kyselinu)
- Jedná se o „pufrační schopnost vody“
- Obsah bazických látek (např. rozpuštěného vápníku) ve vodě a její ústojnou schopnost (tj. mírnění výkyvů pH)
- **JEDNOTKA - mmol . l⁻¹ případně mg . l⁻¹**
- Měřítkem alkality je množství desetimolární HCl spotřebované na 100 ml zkoumané vody pro posun k určité hodnotě pH.
- Schopnost vody vázat kyselinu je tedy v těsné souvislosti s obsahem CO₂ ve vodě.

KNK (ALKALITA)

- Je závislá:
 - na původu vody (voda dešťová, pramenitá aj.)
 - geologickém útvaru (podloží)
 - na obsahu CO₂
- Přiměřená alkalita vody je předpokladem pro bohatý rozvoj nižších vodních organismů (potravní základna)
- Optimum pro životní pochody ve vodě = 2 – 6
- HYDROGENUHLIČITAN x UHLIČITANOVÝ SYSTÉM viz dále.

REDOX POTENCIÁL (ORP) OXIDAČNĚ-REDUKČNÍ POTENCIÁL

- Voda funguje jako dvě látky, které oxidací a redukcí plynule přecházejí jedna v druhou.
- Redoxní potenciál vyjadřuje míru schopnosti převést jednoho z těchto dvou reakčních partnerů do oxidovaného stavu (tj. „ukrást mu elektron“).
- Jednotka chemické aktivity prvků a sloučenin v reverzibilních procesech spojených se změnou iontového náboje.

JEDNOTKA: mV v přírodě dosahuje hodnot -400 až +700 mV

REDOXNÍ SOUSTAVA

- REDUKCE přibírá elektrony
- OXIDACE ztrácí elektrony

„záporný logaritmus vodíkového tlaku v redoxním systému“.

REDOX POTENCIÁL

- hovoří o redukčních či oxidačních schopnostech vody
- v povrchových vrstvách kolísá mezi 400 – 600 mV
- u dna pokles pod 300 značí redukční poměry a výskyt dvojmocného železa, pod 100 výskyt sirovodíku
- dán převážně výskytem kyslíku ve vodě
- anoxie (-50 až +50mV), veškerý kyslík se spotřebuje na oxidační procesy a tudíž není měřitelný (aerobové jej ale získají třeba z dusičnanu redukcí na molekulu dusíku N₂)
- anaerobie (nižší než -50mV), kyslík v prostředí vůbec není a probíhající oxidačně redukční procesy dány výskytem Fe²⁺/Fe³⁺, Mn²⁺/Mn³⁺, H₂S/SO₄²⁻, CH₄/CO₂, NH₄⁺/NO₃⁻, zaznamenán trvalý výskyt sirovodíku, metanu aj...

REDOX POTENCIÁL

- Stoupající hodnota rH odpovídá stoupajícím oxidačním účinkům a naopak
- Např. rH = 0 silně redukované prostředí
- rH = 42 silně oksyložené prostředí
- Pro optimální růst rostlin se uvádí rH 27 – 36
- V přírodě registrujeme redox potenciálem schopnost prostředí redukovat nebo oxidovat substrát
- Vnitřní prostředí organismu má hodnoty -100 – 200mV
- Pitná voda většinou kolem +100mV – rychlejší stárnutí, málo antioxidantů!!
- Měřicí technika často užívá zkratku **ORP**
(Oxidačně Redukční Potenciál)

REDOX POTENCIÁL

Standard Reduction Potential Table (at 25°C, 101kPa, 1M)	
Half-Reaction	volts
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3.04
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1.68
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.76
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.44
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.41
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.26
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0.13
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0.00
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0.34
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0.52
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.77
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	0.80
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	0.82
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1.07
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.36
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1.52

MĚRNÁ ELEKTRICKÁ VODIVOST (KONDUKTIVITA)

- Vodivost (konduktance)
- Míra ionizovatelných anorganických a organických součástí vody

JEDNOTKA vodivosti je siemens (S)

- Měrná vodivost (konduktivita)

JEDNOTKA je S/m, (v hydrochemii obvykle mS/m)

- $1 \mu\text{S}/\text{cm} = 0,1 \text{ mS}/\text{m}$

MĚRNÁ ELEKTRICKÁ VODIVOST (KONDUKTIVITA)

- destilovaná voda prakticky nevodivá
- vodivost dána množstvím rozpuštěných iontů
 - odpovídá tedy množství rozpuštěných látek, ale neselektivně

- stanovení pomocí konduktometru

- jednotky...S/m (Sm/m^2), resp mS/m
- dříve $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($1 \mu\text{S}/\text{cm} = 0,1 \text{ mS}/\text{m}$)
- teplotní korekční faktor
 - 1°C 2 % odchylka, přepočít na 25°C
 - např. korekce z 20°C , $K_{25} = 1,116 K_{20}$

- destilovaná voda do 0,3 mS/m
- povrchové vody do 50 mS/m
- stolní vody do 100 mS/m



ROZPUSTNOST LÁTEK VE VODĚ

- Proces rozpouštění vyžaduje chemickou přitažlivost mezi rozpouštědlem a rozpuštěnou látkou. Polární (iontový) solvent tak nemůže rozpustit zcela neutrální látku a podobně nepolární solvent nerozpustí iontovou látku. Vzhledem k separaci náboje ve své molekule voda působí jako polární rozpouštědlo a atakuje iontové krystaly např. solí a převádí je do roztoku.
- Polární vlastnosti molekuly vody a náboje dalších prvků tedy do značné míry určují rozpustnost těchto látek. Odráží se to i ve výskytu anorganických látek ve vodě v přírodě, kdy nejčastěji nacházenými látkami jsou snadno rozpustné Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} a Cl^- .

Zdroj: <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/>

ROZPUSTNOST PLYNŮ VE VODĚ

- Rozpustnost plynu za dané teploty je úměrná jeho parciálnímu tlaku nad roztokem (Henryho zákon)
 - v tlakových lahvích je ve vodě rozpuštěno více CO_2 a po otevření je voda přesycená, objevují se unikající bublinky (sodovka, šampaňské)
- S rostoucí teplotou rozpustnost plynů klesá
 - Zahřejeme-li vodu na 50°C objeví se bublinky plynů, které byly rozpuštěny ve vodě za nižší teploty

ROZPUSTNOST PLYNŮ VE VODĚ

- Parciální tlak plynů na hladinu, vytvářený vzdušnou atmosférou je dle zastoupení ve vzduchu (dusík 78 %, kyslík 21 %, CO_2 0,03 %...), normální atmosférický tlak je uvažován **101,3 kPa (0,1 Mpa)**
- rovnovážná koncentrace plynu ve vodě $C = K_1 \cdot P_1$
 - K_1 - koeficient absorpce – konstanta rozpustnosti plynu za dané teploty
 - P_1 - parciální tlak plynu (dle zastoupení v atmosféře)
- Ve vodě je rovnovážný obsah plynů (% objemu jednotlivých plynů) 63% N_2 , 35,6% O_2 , 1,3% CO_2

Rozdílná rozpustnost plynů ve vodě	poměr koeficientu rozpustnosti plynů při 10°C vztažený k dusíku
dusík	1
kyslík	2,3
CO_2	100,4
	222,6
chlór	424,3

Např. H_2S je dobře rozpustný, ačkoli jeho tlak v atmosféře minimální, může být ve vodě

TVRDOST VODY

- Souhrn solí kovů alkalických zemin (především Ca a Mg s uhličitany, sírany, chloridy, apod.) tj. obsah rozpuštěných nerostů ve vodě.
- **TVRDOST CELKOVÁ** - koncentrace kationtů dvojmocných kovů (Ca a Mg)
- **TVRDOST UHLIČITANOVÁ** – množství Ca a Mg ekvivalentní přítomným uhličitáním a hydrogenuhličitáním
- **TVRDOST NEUHLIČITANOVÁ** – dána rozdílem celkové a uhličitánové
 - je to množství dvojmoc. kationtů (Ca a Mg) vázaných na sírany, chloridy, dusičnany...
- **TVRDOST PŘECHODNÁ A TRVALÁ**

TVRDOST VODY – 5 TŘÍD

- **JEDNOTKA „německý stupeň“ °dGH**
- Jeden stupeň odpovídá 10 mg CaO/litr nebo 7,2 mg MgO/litr. Podle současných norem se vyjadřuje jako suma vápníku a hořčíku v mmol/l.
- Voda velmi měkká (demineralizovaná, destilovaná, vyrobená pomocí reverzní osmózy) 0 – 1 °dGH (°N), nemá ani jiné soli
- Voda měkká (dešťová nebo z málorozpuštěného podloží či rašelinišť) 1(4) - 8 °dGH
- Voda polotvrdá (říční, většina povrchových vod) 8-12 °dGH
- Voda tvrdá (studniční spodní voda) 12-18 °dGH
- Voda velmi tvrdá (z vápencových oblastí) nad 18 °dGH

PŘEPOČET JEDNOTEK TVRDOSTI VODY

	°dH	°e	°fH	ppm	mval/l	mmol/l
německý stupeň	1 °dH =	1	1,253	1,78	17,8	0,357
anglický stupeň	1 °e =	0,798	1	1,43	14,3	0,285
francouzský stupeň	1 °fH =	0,560	0,702	1	10	0,2
ppm CaCO ₃ (USA)	1 ppm =	0,056	0,07	0,1	1	0,02
mval/l iontů kovů alkalických zemin	1 mval/l =	2,8	3,51	5	50	1
mmol/l iontů kovů alkalických zemin	1 mmol/l =	5,6	7,02	10,00	100,0	2,00

Hanns-J. Krause: Aquarienwasser. Diagnose, Therapie, Aufbereitung. 2. verbesserte Auflage, Neuauflage. bede-Verlag, Kollnburg 1993

MEZE TVRDOSTI VODY

Pitná voda	mmol/l	°dH	°F
velmi tvrdá	> 3,76	> 21,01	> 37,51
tvrdá	2,51–3,75	14,01–21	25,01–37,5
středně tvrdá	1,26–2,5	7,01–14	12,51–25
měkká	0,7–1,25	3,9–7	7–12,5
velmi měkká	< 0,5	< 2,8	< 5

<http://www.pvk.cz/>

DĚKUJI ZA POZORNOST

<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>



ÚVOD DO HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petřtýl

<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

- Chemismus vody
- Obsah a koloběh základních látek ve vodě
- O₂, C, CO₂, P, N, S, Si,...

KYSLÍK

Význam?

- dýchání živých organismů
- aerobní rozklad organické hmoty

Jak se dostává do vody?

- difúzí při styku se vzduchem (zvyšuje vlnění, čeření)
- při fotosyntéze rostlin
- přítokem (u stojatých vod nezanedbatelné množství)

KYSLÍK

Kyslík je ve vodě „pouze“ rozpuštěn. Nijak s molekulami vody nereaguje. Množství kyslíku, které je v rovnováze s atmosférou při dané teplotě, tlaku a salinitě se nazývá „**rovnovážná koncentrace kyslíku**“.

Vyjadřuje se buď v absolutních hodnotách – mg.l⁻¹

Případně **v relativních hodnotách**, tedy jako % z absolutní hodnoty – **nasyčení %**.

- například: při 20°C vnitrozemská sladkovodní nádrž by měla obsahovat 9,09 mg/l O₂ (**na hladině moře**)
- - pokud obsahuje 7,02 mg/l O₂ = nasyčení 77% (deficit)
- - pokud obsahuje 10,31 mg/l O₂ = nasyčení 113% (přesycení)

KYSLÍK

- Běžné množství rozpuštěného kyslíku ve vodě se pohybuje mezi 6 - 14 mg/l.
- fyzikální faktory, určující či ovlivňující rozpouštění kyslíku ve vodě
 - **teplota**
 - **tlak** (atmosferický + hydrostatický) – rozpustnost jako jakéhokoliv plynu ve vodě je přímo úměrná jeho tlaku – (součet atmosférického a hydrostatického)
 - s nadmořskou výškou klesá atmosférický
 - s hloubkou stoupá hydrostatický
 - **salinita** (ve sladkých zanedbatelná)
- **pohyby vody a difúze** – laminární vs turbulentní proudění

KYSLÍK

Rozpustnost kyslíku

- **nepřímo úměrná teplotě vody**
- **přímo úměrná atmosférickému tlaku**
- Za normálních podmínek (tlak 101,3 kPa) je **100 % nasyčení vody v 1 litru při 0 °C = 14,65 mg O₂**
Při 30 °C - 7,44 mg O₂

Teplota (°C)	Kyslík (mg l ⁻¹)
0	14,6
5	12,8
10	11,3
15	10,1
20	9,1
25	8,3
30	7,6

KYSLÍK

Procento nasycení vody kyslíkem závisí na:

- rychlosti výměny mezi vodou a atmosférou
- propustnosti hladiny pro plyny (snižuje např. olej, led, okřehky)
- rychlosti výměny vody mezi jednotlivými vrstvami
- intenzitě fotosyntézy a destrukčních pochodů

- 1) Podzemní vody – malý obsah kyslíku
- 2) Tekoucí vody - malé rozdíly v obsahu O₂ během dne a v noci (neboť se stále promíchává)
- 3) Stojaté vody - značné kolísání (např. minimum brzy ráno, maximum odpoledne)

ROZPUSTNOST KYSLÍKU A TEPLOTA (viz cvičení)

DO = dissolved oxygen

(°C)	DO (mg l ⁻¹)	(°C)	DO (mg l ⁻¹)	(°C)	DO (mg l ⁻¹)
0	14,621	14	10,306	28	7,827
1	14,216	15	10,084	29	7,691
2	13,829	16	9,870	30	7,558
3	13,460	17	9,665	31	7,430
4	13,107	18	9,467	32	7,305
5	12,770	19	9,276	33	7,183
6	12,447	20	9,092	34	7,065
7	12,138	21	8,914	35	6,949
8	11,843	22	8,743	36	6,837
9	11,559	23	8,578	37	6,727
10	11,288	24	8,418	38	6,620
11	11,027	25	8,263	39	6,515
12	10,777	26	8,113	40	6,412
13	10,537	27	7,968		

KOREKCE NA NADMOŘSKOU VÝŠKU (viz cvičení)

korekce na nadmořskou výšku: při 20°C v 1000 m n.m.
 9,09 mg/l O₂ x 0,887 = 8,06 mg/l O₂
 7,02 mg/l O₂ 87%
 10,31 mg/l O₂ 128%

Nadmořská výška (m)	Tlak (mm Hg)	Korekční faktor
0	760	1,000
500	714	0,942
1000	671	0,887
1500	632	0,836
2000	594	0,785
2500	560	0,735
3000	526	0,692

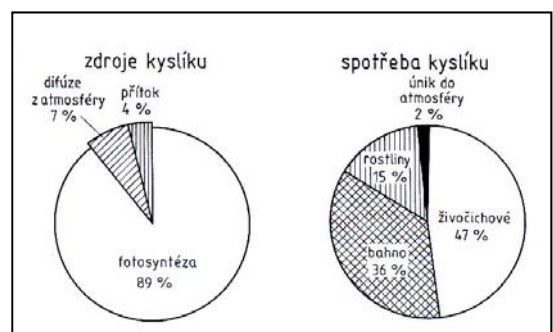
KYSLÍK

- Poměr kyslíku a dusíku **ve vodě** – O:N 1:2
- Poměr kyslíku a dusíku **v atmosféře** – O:N 1:5
- Nároky běžně chovaných ryb na obsah kyslíku, O₂:
 - Studenomilné ryby (např. losos, pstruh) vyžadují přes 8 mg.l⁻¹
 - Teplomilné ryby (např. karas, lín, piskoř) stačí jim 4,5-8 mg.l⁻¹

KOLOBĚH KYSLÍKU

- Kyslík se do vody dostává:
 - Z ovzduší – přechod přes hladinu
 - Fotosyntéza vodních fyto-autotrofních organismů
- Z vody je kyslík odčerpáván:
 - živočichy a rostlinami při dýchání
 - bakteriemi při rozkladu (mineralizaci) organické hmoty
 - bublinami ostatních plynů při průchodu vodním sloupcem
 - vzestupem teploty (snižuje se procento nasycení)
 - snížením tlaku

PRODUKCE & SPOTŘEBA KYSLÍKU



KOLOBĚH KYSLÍKU

- S hloubkou stoupá hydrostatický tlak a tak se u oligotrofních vodních nádrží zvyšuje s hloubkou koncentrace kyslíku (ortográdní křivka)
- V eutrofních vodách je naopak nejvíce kyslíku těsně pod hladinou. Dostáváme-li se hlouběji, obsah kyslíku prudce klesá, je vyčerpán na rozklad organické hmoty a na rozdíl od hladiny, zde není ani doplňován fotosyntézou (malá průhlednost, tma) (klinográdní křivka)

JAK ZÍSKÁVAJÍ KYSLÍK Z VODY AEROBNÍ ORGANISMY?

- Protozoa – difuzí přes buněčné membrány
- Bezobratlí – celým povrchem těla, adaptací tracheálního systému (žábry, plastrón, aj.)
- Obratlovci – specifické orgány (žábry) + chemický nosič v tělních tekutinách (krev – železo, měď apod.)
- Při fotosyntéze je O_2 uvolňován z molekuly vody
- Odhad denní produkce kyslíku:
 - rostlinstvo souše - $2,6 \cdot 10^{11}$ tun O_2
 - rostliny oceánů - $0,6 \cdot 10^{11}$ tun O_2

Larvy obojživelníků:
Kyslík rozpuštěný ve vodě
pomocí žaber



Larvy vodního hmyzu:
Kyslík rozpuštěný ve vodě
pomocí žaber



Vodní hmyzu a pavouci:
Atmosferický kyslík – adaptace
pro jeho zásobu pod vodou



Vodní hmyz:
Atmosferický kyslík – adaptace
pro jeho získání nad hladinou



DYNAMIKA DISTRIBUCE KYSLÍKU POD LEDEM

- Led zabraňuje průchodu plynů přes hladinu
 - Kyslík pouze od autotrofních organismů
- Sníh zabraňuje průchodu světla přes hladinu
 - Kyslík není produkován ani autotrofními organismy

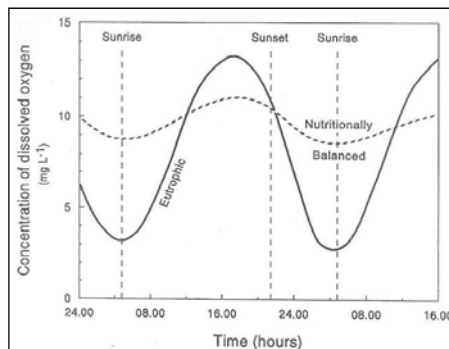
masový úhyn ryb a zooplanktonu, pokud konc. O_2 klesne na méně než 2 mg.l^{-1}

V závislosti na citlivosti a preferencích konkrétních organismů

KOLOBĚH KYSLÍKU

- Kyslíkové pulzy – tak označujeme kolísání obsahu kyslíku ve vodě v průběhu 24 hodin
- Denní křivky kyslíkového režimu spolu s CO₂ a pH-režimem ve vodním sloupci nám dávají obraz o fotosyntetické aktivitě vodního ekosystému
- Kyslíkový režim - důležité kritérium pro hodnocení kvality vody
- Na dostatku kyslíku ve vodě je závislý proces samočistění

ZMĚNY KONCENTRACE V EUTROFNÍCH NÁDRŽÍCH BĚHEM DNE



Oproti teplotě kolísá množství kyslíku v průběhu dne celkem výrazně

KYSLÍKOVÝ DEFICIT

- rozdíl mezi naměřeným obsahem O₂ a teoretickou saturací stejného množství vody při dané teplotě, salinitě a atmosférickém tlaku u hladiny, pro každou vrstvu vody, případně pro celou nádrž
- vyjadřuje se v g.m⁻² pro příslušný rok
- umožňuje zjistit množství kyslíku chybějícího do rovnovážné koncentrace – tím určí zda jde o **trofогenní** (převažuje fotosyntetická produkce), nebo **trofolytické** vrstvy (převažuje dekompozice)
- velmi zjednodušené měřítko produktivity nádrže

• Oligotrofní voda (nízký obsah živin)

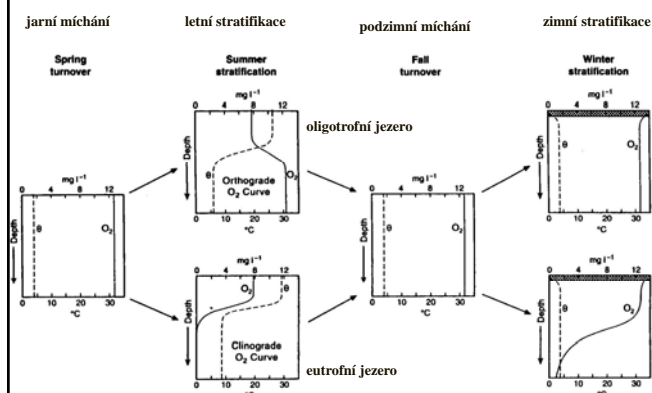
Spotřeba kyslíku organismy je minimální (totéž se dá ale říci o produkci) a obsah tedy kopíruje jeho nasycení, vzhledem k tomu, že s hloubkou stoupá hydrostatický tlak (a také klesá teplota), dá se říci, že se **obsah kyslíku ve vodě s hloubkou spíše zvyšuje** (**Ortogradní křivka** hloubkového profilu kyslíku)

• Eutrofní voda (vysoký obsah živin)

Vrchní vrstvy (pod hladinou) jsou přesyceny kyslíkem v důsledku fotosyntézy velkého množství řas a sinic, níže však je fotosyntéza limitována nedostatkem pronikajícího světla (resp. FAR) a kyslík je vyčerpán na rozklad organické hmoty. Jeho **obsah s hloubkou rapidně klesá** až k úplnému vyčerpání (především v důsledku dýchání a rozkladných procesů). Oblast dna bývá anaerobní.

(**Klinogradní křivka** hloubkového profilu kyslíku)

ROČNÍ PRŮBĚH TEPLoty A KONCENTRACE KYSLÍKU



BSK – BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU (viz cvičení)

- Je definována jako množství O₂ spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech na rozklad organických látek
- **Hodnoty se vyjadřují v mg. l⁻¹**
- Slouží k **nepřímému stanovení množství biologicky rozložitelných organických látek.**

CHSK – CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU (viz cvičení)

- Je definována jako množství O₂, které se za přesně definovaných podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě silným oxidačním činidlem. Udává se opět v **mg/l O₂**
- Pro oxidaci se používá **manganistan draselný (CHSK_{Mn})** či **dichroman draselný (CHSK_{Cr})**
- Vyjadřuje **celkový obsah organických látek ve vodě**. Je nedílnou součástí každého rozboru všech typů vod!!

UHLÍK

- **Nejrozšířenější složka živé hmoty**
- Atmosférický rezervoár – přes producenty – konzumenty - rozkladače - a zpět do atmosféry
- Roční odhad asimilace oceánů fytoplanktonem je v řádech miliard tun uhlíku
- Rostliny na pevnině asimilují přibližně stejné množství
- Koloběh v oceánech je z větší části uzavřený

UHLÍK

- V přírodě často **ve formě CO₂ - Oxid uhličitý**
- CO₂ uvolněný bakteriemi a živočichy při dýchání je hned k dispozici fytoplanktonu (autotrofním organismům)
- Část organického C ale unikne mineralizaci v eufotické vrstvě a klesá do **sedimentů**
- Tam svým rozkladem ovlivňuje chemismus prostředí
- Tím v hloubce moří (či hlubokých jezer) dochází k **pomalému vzestupu koncentrace CO₂**
- **Biologické procesy ve vodě a na souši**
 - zapojena je jen malá část celkového uhlíku
- **Hlavním rezervoárem je litosféra s anorganickými sloučeninami a fosilní paliva**

UHLÍK

- Plynný CO₂ ve vodě snadno rozpustný (200 x než O₂)
- Voda při 0 °C obsahuje CO₂ v množství 1 mg/l
- CO₂ se slučuje s vodou a tvoří v malé koncentraci H₂CO₃.
- H₂CO₃ je částečně disociována na ionty H⁺ a HCO₃⁻.
- Ty dále disociují na CO₃²⁻. Plynný CO₂ je označován jako volný **agresivní**. Vyskytuje se ve vodách s vysokou uhličitánovou tvrdostí.
- Mnoho C-O je přítomno ve formě Ca(HCO₃)₂
- Ca (HCO₃)₂ využívají řasy jako zdroj uhlíku
- Volné ionty H⁺ ovlivňují pH

UHLÍK

- Při pH 5 je asi 98 % CO₂ ve volné formě
- Při pH 7-8 je asi 95 % CO₂ ve formě HCO₃⁻
- Při pH 10 je 100 % CO₂ vázáno: 70 % jako HCO₃⁻ a 30 % jako CO₃²⁻
 - ačkoli je dobře rozpustný (až 200x víc než kyslík) za vysokého pH je nedostupný
- Hodnoty celkového CO₂ se zpravidla počítají z alkality a pH
- Významné je hromadění uhlíku ve vodě (ve formě organických i anorganických sloučenin) na podzim
- Při vypouštění rybníků s vodou uniká 250 - 2 000 kg C/ha
 - Proto je třeba realizovat doplňování

KOLOBĚH UHLÍKU

- Intenzivní fotosyntézou dochází k odčerpávání vázaného C (sníží se množství CO₂), tím se zvýší pH na hodnoty 10-11 a dochází k přeměně HCO₃⁻ na CO₃²⁻, který je málo rozpustný.
- CO₃²⁻ se pak v podobě CaCO₃ vysráží jako bílé povlaky či krystalky na listech submerzní vegetace či na sedimentu = **biogenní dekalifikace**.
- HCO₃⁻ dobře rozpustný ve vodě
- Ca (HCO₃)₂ dobře rozpustný ve vodě
- CaCO₃ špatně rozpustný ve vodě – bílé vysrážené povlaky

OXID UHLIČITÝ

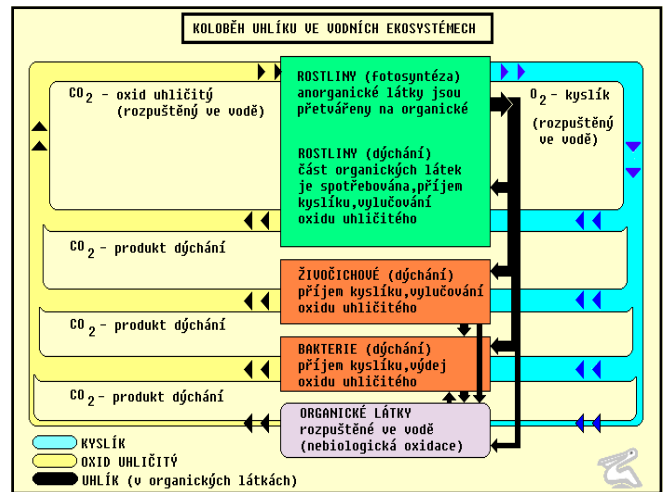
- Do vody se dostává:
 - při rozkladu organických látek
 - dýcháním vodních živočichů
 - z ovzduší (se vzduchem a se srážkami)
- ztráty CO₂ z ekosystému ovlivňuje:
 - fotosyntéza rostlin
 - povrchová difúze
 - pohyb vodních mas
- Je nezbytný pro fotosyntézu, pro stavbu těl organismů a je důležitým regulátorem ekosystému vodních nádrží

OXID UHLIČITÝ

- Srovnání rozdílné rozpustnosti CO₂ a O₂ (normální tlak 100 kPa, vzduch nad hladinou nasycen vodními parami) – koef. absorpce je např. při 20 °C u O₂ 43 mg/l a u CO₂ 1730 mg/l

teplota	0 °C	10 °C	15 °C	20 °C
CO ₂ mg/l	1,22	0,85	0,62	0,47
O ₂ mg/l	14,7	11,3	9,0	7,6

Ačkoliv je procentické zastoupení CO₂ ve vzduchu nízké 0,03 %, má vysoký koeficient absorpce (40-50x vyšší než O₂) a je ho tedy ve vodě více než v atmosféře.

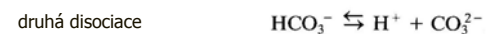
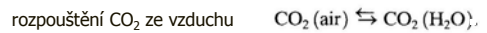


UHLIČITANOVÝ SYSTÉM CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻

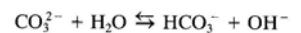
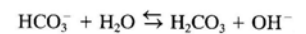
- V kyselých vodách (při nízkém pH) je vázaný oxid uhličitý přeměňován ve volnou formu.
- při pH neutrálním je většina CO₂ vázána
- se vzrůstem obsahu hydrouhličitánů a uhličitánů roste alkalita a tím i pufrční schopnost vody, kdy dochází pouze k malým výkyvům pH - „tvrdá voda“.
- „měkká voda“, má naopak malé množství hydrogenuhličitánů a uhličitánů, a proto i malou pufrční kapacitu.
- U měkkých vod proto **může hodnota pH silně kolísat** i během denního cyklu **vlivem fotosyntézy** rostlin.

UHLIČITANOVÝ SYSTÉM CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻

uhličitánová rovnováha dána reakcemi



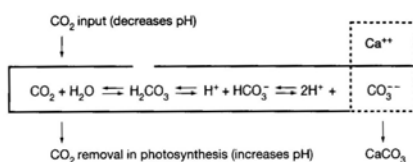
opakem disociace je hydrolyza



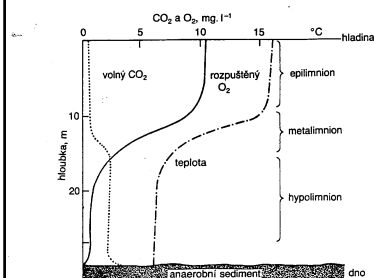
UHLIČITANOVÝ SYSTÉM CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻

Význam

- pufr proti náhlé změně pH
- určuje množství anorganického uhlíku pro fotosyntézu
- vazebná kapacita HCO₃⁻ a CO₃²⁻ pro kationty - srážení CaCO₃



VERTIKÁLNÍ STRATIFIKACE VOLNÉHO CO₂

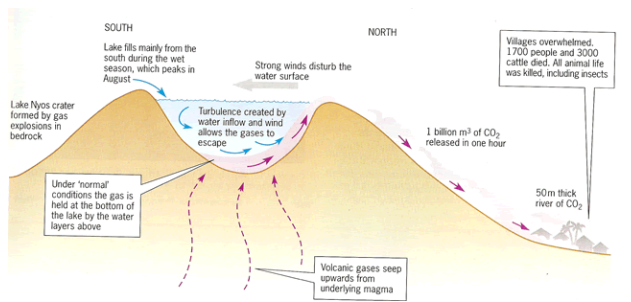


- spotřeba fotosyntézou v horních vrstvách
- uvolňování rozkladem v hypolimnionu
- v hlubokých nádržích je skoro zrcadlová ke kyslíku

Typický průběh vertikální stratifikace, rozpuštěného kyslíku, oxidu uhličitého a teploty v době letní stagnace ve vodní nádrži s vysokou produktivitou. V hypolimnionu převládá respirace s následným deficitem rozpuštěného O₂ a přírůstkem volného CO₂ (podle Goldmana et Horneho, 1935)

JEZERO NYOS (KAMERUN) „KILLER LAKES“

- V hlubokých jezerech se může hromadit u dna CO₂ uvolňován vulkanickou a seismickou činností. Instalace „ventilů“.
- Náhle může dojít k uvolnění a zaplavení okolí
- 1986 zde takto zahynulo 1700 lidí + velké množství zvířat



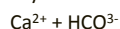
VÁPŇÍK

Hlavní složka koster mnoha vodních živočichů i zpevňujících pletiv některých rostlin.

Pro chemismus vody má velký význam v pufrčním systému uhličitánů.

Ve vodě se vyskytuje obvykle v podobě iontů, případně jako CaCO₃.

Dešťová voda obsahuje díky vymývání podloží slabou kyselinu uhličitou (přírozený zdroj), která je neutralizovaná pufrčním systémem za vzniku:



VÁPŇÍK

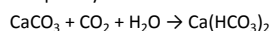
Spolu s ostatními nerosty (hlavně Mg) **ovlivňuje tvrdost vody** (viz předchozí prezentace a cvičení)



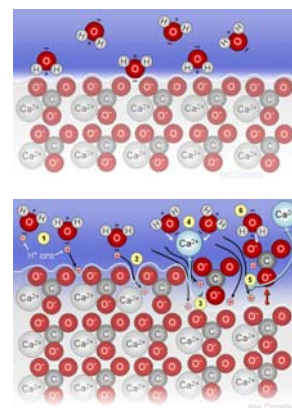
Ca vs. CO₂ – GLOBÁLNÍ PROBLÉM ACIDIFIKACE

Uhličitán vápenatý je ve vodě prakticky nerozpustný.

Pokud se do vody ovšem rozpustí větší množství CO₂ dojde k přeměně na rozpustný hydrogenuhličitán vápenatý.



Problém pro vodní organismy (ulity, schránky, kosti,...)



DUSÍK

Dusík – jeden z hlavních a limitujících biogenních prvků
Stavební prvek pro aminokyseliny, bílkoviny, DNA,...

Ve vodě v různých oxidačních stupních:

- dusičnany NO₃⁻
- dusitany NO₂⁻
- amoniak či amonný iont N-NH₃ případně N-NH₄⁺
- molekulární rozpuštěný dusík N₂
- vázaný v organických sloučeninách (aminokyseliny, močovina, methylamin, peptidy,...)

Zastoupení jednotlivých forem se mění, jedna forma přechází v druhou, významnou roli hraje enzymatická činnost mikroorganismů.

DUSIČNANY

- Vyskytují se ve všech typech vod (srážky, podzemní, povrchové)
- **Dusičnany NO₃⁻** jsou primárně ve vodě pro člověka málo závadné, ale sekundárně (po bakteriální redukcii v gastrointestinálním traktu), jako dusitany mohou být příčinou **methemoglobinemie**
- Přípustná koncentrace v pitné vodě – 50 mg. l⁻¹ N-NO₃ (vyhláška č. 252/2004Sb).
- Pro ryby jsou toxické resp. letální až při koncentracích nad 1000 mg.
- Podobně jako u fosforu souvisí obsah dusičnanů se stupněm **eutrofizace** a patří mezi zvláštní ukazatele chemického složení povrchových vod.

DUSIČNANY

- Podle obsahu dusičnanů se povrchové vody řadí do tříd čistoty
- Také u odpadních vod je obsah dusičnanů závazným ukazatelem
- Hlavním zdrojem dusičnanů je:
 - Aerobní rozklad organického materiálu bakteriemi.
 - Splachy ze zemědělsky obhospodařovaných ploch
- Dále zvyšují koncentraci dusičnanů oxidy dusíku vznikající při elektrických výbojích, činnost nitrifikačních bakterií a bakterie, které fixují vzdušný N (Rhizobium aj.)
- Dusičnany jsou **nejstálější komponentou N** - cyklu

DUSITANY

- **Dusitany NO_2^-** jsou **ve vodě nestálé**, při dostatku kyslíku ve vodě plynule přecházejí v dusičnany
- Obvykle pouze v **malých koncentracích** setiny až desetiny mg.l^{-1}
- Jejich přípustná koncentrace je stanovena na hodnotě **$\text{N-NO}_2 = 0,05 \text{ mg.l}^{-1}$**
- Snadná je **biochemická oxidace (nitrifikace)** probíhající za **aerobních** podmínek).
- **Zvýšené koncentrace** je nutno kontrolovat v intenzivních chovech ryb, hlavně v **recirkulačních systémech (RAS)**.

AMONIAK – AMONNÉ IONTY

Amoniak NH_3 je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek.

Je velmi dobře rozpustný ve vodě a s vodou tvoří amonný iont NH_4^+

V disociované formě - vysoce toxický amoniak NH_3 rozpuštěný ve vodě působí otravy vodních živočichů – náhlé úhyny ryb v rybnících v letním období:

Disociace amoniaku je závislá na pH a t vody:

- při $\text{pH} < 8$ jsou přítomny téměř výlučně amonné ionty NH_4^+ , které jsou netoxické a jsou významným zdrojem N pro fytoplankton, který je preferuje před dalším zdrojem N, t.j. NO_3^-
- při $\text{pH} > 10,5$ je přítomen téměř výlučně jen vysoce toxický amoniak NH_3 rozpuštěný ve vodě
- Nejvyšší přípustná koncentrace NH_3 pro kaprovité ryby je $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$

AMONIAK – AMONNÉ IONTY

Jak souvisí pH s množstvím amoniaku ve vodě?

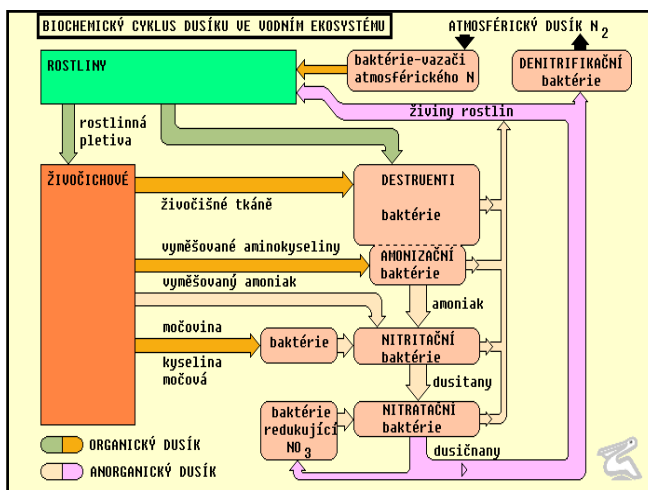
PROBLÉM ŘETĚZOVÉ REAKCE V EUTROFNÍCH NÁDRŽÍCH

- Ve vodách s nízkou alkalitou a vysokým obsahem živin dochází k silnému rozvoji fytoplanktonu.
- Intenzivní fotosyntézou se odčerpává CO_2 z vody během světelné části dne.
- To vede k růstu pH, který vrcholí v odpoledních hodinách a způsobí uvolnění toxického volného amoniaku a následné otravy vodních živočichů, ryb,...



ATMOSFERICKÝ DUSÍK

- Atmosférický dusík – N_2 rozpuštěný ve vodě jsou schopny asimilovat jen některé mikroorganismy (symbióza).
- Např. *Azotobacter*, *Clostridium*, *Bacillus amylobacter* a také některé druhy sinic.
- Vliv lidské činnosti na přísun dusíku:
 - intenzivní **zemědělská činnost** (dusík z exkrementů chovaných hospodářských zvířat)
 - průmyslová **fixace** atmosférického N **do formy hnojiv**
 - **spalování fosilních paliv** a ze spalovacích motorů (N do ovzduší)



FOSFOR

Fosfor je velmi často limitujícím biogenním prvkem!!

ve sladkých vodách je poměr N:P 25-100:1
v mořích je poměr N:P 9-10:1
v rostlinách je poměr N:P 7:1

Podílí se na energetickém cyklu - ATP

Ve vodě se vyskytuje v mnoha podobách:

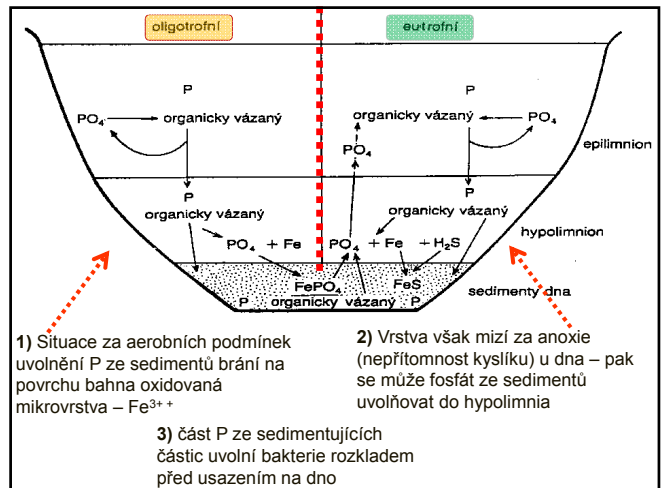
- 1) Orthofosfáty - reaktivní
- 2) Polyfosfáty - většinou allochtonního původu
- 3) organický fosfor - vázaný v organismech jako ortho- nebo polyfosfáty
- 4) živé a neživé částice obsahující P organicky vázaný
- 5) vločky vysrážených fosforečnanů (hlavně Fe a Ca)
- 6) minerální částice obsahující P (v zakalených vodách)

FOSFOR

- Rostliny přijímají P jen v rozpuštěné nebo koloidně rozptýlené formě.
- Zooplankton filtruje suspendované sraženiny s P a mění je v koloidně rozptýlené.
- Celkové množství P je ve vodě udržováno metabolismem hydrobiontů, jejich odstraněním klesne organický fosfor na nepatrné hodnoty, neboť se většinou vysráží na dně jako fosforečnan železa a hořčíku.
- Fosfor je sedimentární prvek. Ze dna se uvolňuje za neutrální až kyselé reakce při absenci O_2 a výskytu H_2S .
- Díky jeho sedimentárnímu cyklu je jeho množství v prostředí velmi proměnlivé.

FOSFOR

- V povrchových vodách se koncentrace fosforečnanů pohybují v rozmezí $0,1 - 0,5 \text{ mg.l}^{-1}$
- Obsah P ve vodě ovlivňují především:
 - splachy z aplikace P-hnojiv
 - fosfor v používaných detergentech
 - komunální odpad – splašková voda
- Značná část celkového fosforu je v podobě tzv. organického P vázána v organismech a sedimentech
- Část P je postupně splavována do moře a ukládána v sedimentech šelfů a hlubin
- Fosfor deponovaný v hlubinách moří je pro sladkovodní a terestrické ekosystémy jeho dlouhodobou ztrátou (tzv. "propad fosforu").



FOSFOREČNANY - EUTROFIZACE

- V přirozených vodách se P vyskytuje převážně ve formě fosforečnanů.
- Látky obsahující P jsou významným indikátorem znečištění pitných vod.
- Stanovení P v povrch. vodách je důležité pro posouzení podmínek eutrofizace, pro posouzení odtoku z čistíren odp. vod apod.
- Fosforečnany mají zásadní význam, P v této formě může být přijímán a asimilován rostlinami.

SÍRA

Vyskytuje se ve formě:

- Síranový anion (SO_4^{2-}) - v množství $10 - 100 \text{ mg.l}^{-1}$
- Sirovodík (H_2S) – prudec jedovatý, obsah nad $0,5 \text{ ml}$ na 1 litr je nebezpečný pro ryby.



Photo Credit mammoth hot springs image by Melissa Schalk from Fotolia.com

SÍRA

Obvykle je ve vodě dostatek tj. není limitujícím prvkem

Stabilní aniont SO_4^{2-} tvoří největší podíl (10-100 mg/l)

Sirovodík, sulfan H_2S – uvolňuje se za anaerobních podmínek a při nízkém pH činnosti mikroorganismů ze sedimentů, proniká do vody kde zůstává za silně redukčních podmínek. Při obsahu nad 0,5 ml/l může působit toxicky.

Sirovodík je částečně oxidován na SO_4^{2-} ve vyšších vrstvách za dostatku kyslíku a část ho uniká do ovzduší

V sedimentech i v kontaktní vrstvě vody (nade dnem) se může vysrážet černý nerozpustný siřník (sulfid) železnatý FeS (snižuje obsah rozpuštěného dvojmocného železa)

(viz koloběh fosforu a železa)

SÍRA

Síra se do vody přirozeně dostává:

- mokřým spadem z ovzduší (spalovny fosilních paliv)
- z geologického podkladu

Anaerobní mikroorganismy používají sírany jako akceptor H a uvolňují H_2S (oxidace místo kyslíku)

Houby zapojené do koloběhu Síry: *Aspergillus*, *Neurospora*

Bakterie:

- *Escherichia*, *Proteus* - redukují org. látky na H_2S v aerobních podmínkách
- *Beggiatoa* - oxidují H_2S na elementární síru za vzniku vody a uvolnění energie – bezbarvá sírná chemoautotrofní

SÍRA - ACIDIFIKACE

- V nedávném období byl významný antropogenní vliv na koloběh síry v biosféře včetně hydrosféry.
- Spalováním fosilních paliv se do ovzduší dostávalo mnoho SO_2 .
- Ten je ze vzduchu vymýván srážkami, přičemž vzniká kyselina siřičitá a kyselina sírová.
- Ty jsou hlavní příčinou spadu tzv. kyselých dešťů a z nich vyplývající acidifikace vodních i suchozemských ekosystémů (**podrobněji v dalších přednáškách**).

ŽELEZO

- Podílí se výrazně na metabolismu organismů (enzymy).
- Je aktivní složkou hemoglobinu - transport kyslíku.
- Důležitá funkce v nitrogenáze nižších rostlin a bakterií.
- Většinou v organické i anorganické formě v koncentracích 50 - 200 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Wetzel, 1983)
- Živočichové získávají Fe z potravy
- Fytoplankton čerpá Fe z roztoků a suspenzí v anorganické nebo chelátové formě
- **Sinice mají větší schopnost utilizace Fe než planktonní řasy a mohou proto kompetičně inhibovat jejich růst**
- Na koloběhu Fe ve vodě se ovšem významně podílejí i konzumenti (zooplankton, zoobentos, ryby)

ŽELEZO

- Železo přechází z rozpustné dvojmocné formy Fe^{2+} na nerozpustnou trojmocnou formu Fe^{3+} v závislosti na ne/přítomnosti kyslíku a na hodnotě redox potenciálu (ORP)
- Při „normálních“ podmínkách jsou Fe^{3+} a Fe^{2+} v rovnováze
- Anaerobní podmínky + nízký ORP = $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- Aerobní podmínky = $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ případně $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$
- S koloběhem Fe souvisí koloběh P
- Ionty fosforečnanů jsou totiž adsorbovány na Fe^{3+} a může dojít k vysrážení obou složek.
- Proto ve vodách mírného pásma může dojít vlivem Fe k blokování P (viz. Fosfor) a snížení jeho dostupnosti organismům.

ŽELEZO

- Ve vodě v dvojmocné a trojmocné formě.
- Hydroxid železitý $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - ve formě vloček nebo adsorbované na organických partikulích.
- Fosforečnan železitý - v partikulované formě, zpravidla jen krátkodobě v období podzimní cirkulace nádrží při dostatku O_2 v hypolimniu (**viz koloběh fosforu a síry**).
- Železo v organických sloučeninách partikulích, živých i neživých.
- Železo komplexně vázané v rozpuštěných organických sloučeninách. Pouze část této frakce je přístupná rostlinám.

ŽELEZO

- význam při nízkém pH
- Fe^{2+} působí přímo toxicky na ryby
- Fe^{3+} se ve formě sraženiny (hydroxidu) může usazovat na jikrách a žábřácích ryb
- Železitou vodu „prozrazuje“ oranžové-červené zbarvení



KŘEMÍK

- Do vody se dostává zvětráváním hornin (resp. živců - hlavní komponenta žuly).
- Proces zvětrávání urychluje např. CO_2 , který je ve vodě
- V celosvětovém měřítku dosahují průměrné koncentrace SiO_2 v řekách asi 13 mg.l^{-1}
- V jezerech kolísá jejich obsah mezi $0,5 - 60 \text{ mg.l}^{-1}$
- Přítom horniny obsahují až 70 % křemičitanů
- Křemík se ve vodě vyskytuje:
 - koloidním stavu či v partikulovaném stavu
 - rozpuštěný křemičitan (SiO_4^{2-}) vhodný pro rostliny
- Křemík se nikdy nevyskytuje jako volný prvek.

KŘEMÍK

- Řasy mohou využívat pouze **kyselinu křemičitou (H_2SiO_4)**, která je za normálního pH částečně disociována.
- Křemík je využíván především **pro stavbu membrán rozsivek** (25-60% buněčné hmotnosti v sušině).
- Tam, kde rozsivky dominují v planktonu, **může být křemík limitujícím faktorem primární produkce**, v době intenzivní fotosyntézy je zcela odčerpáván.
- Dále je křemík nezbytným prvkem u bičíkatých zlativek, chryzomonád (*Chrysophyceae*) a u některých dalších řas.
- U živočichů je **hojně zastoupen v houbách** (křemičité jehlice), tj. vázáno převážně na mořské prostředí.

PŘÍTOMNOST NĚKTERÝCH KOVŮ ROZPUŠTĚNÝCH SOLÍ A JEJICH ŠKODLIVOST

- **Hliník - Al**
 - Uvolňuje se do vody v kyselém prostředí a je pro ryby vysoce toxický. Výskyt provázán s acidifikací povrchových vod.
 - Pitná voda do $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$
- **Těžké kovy - Zn, Cd, Cu, Pb**
 - Mohou působit potíže v rybích líhních.
 - Biokumulace v potravním řetězci (viz další přednášky).
 - Se zvyšující se koncentrací se zvyšuje i toxické působení.

HODNOTY UKAZATELŮ ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD

UKAZATEL	SYMBOL	JEDNOTKA	VODÁRENSKÉ	OSTATNÍ POVRCHOVÉ
Biochem. spotřeba O_2	BSK_5	Mg/l	7	5
Chem. spotřeba O_2	CHSK_{Cr}	mg/l	20	50
Reakce vody	pH	mg/l	6-8	6-9
Volný amoniak	NH_3	mg/l	0,05	0,5
Amoniakální dusík	N-NH_4^+	mg/l	0,3	2,5
Dusitanový dusík	N-NO_2^-	mg/l	0,02	0,05
Dusičnanový dusík	N-NO_3^-	mg/l	3,4	11
Fosfor celkový	P_c	mg/l	0,15	0,4

POŽADAVKY NA KVALITU VODY V CHOVECH RYB

UKAZATEL	SYMBOL	JEDNOTKA	KAPR	PSTRUH
Obsah kyslíku	O_2	mg/l	5-10	6-14
Biochem. spotřeba O_2	BSK	mg/l	do 8	do 6
Chem. spotřeba O_2	CHSK_{Cr}	mg/l	do 18	do 5
Reakce vody	pH	mg/l	7-8,5	6,5-8
Volný amoniak	N-NH_3	mg/l	0,025	0,01
Amoniakální dusík	N-NH_4^+	mg/l	0,5	0,01
Dusitanový dusík	N-NO_2^-	mg/l	0,0	0,0
Dusičnanový dusík	N-NO_3^-	mg/l	1	10
Oxid uhličitý	CO_2	mg/l	1-25	1-20

KVALITA VODY V BEČVĚ - příklad

Stav povrchových vod: Klasifikace jakosti podle ČSN 75 7221

Rok 2003

tok	profil	BSK5	CHSKer	N-NO3	N-NH4	P celk.	výsledná třída
Bečva	Valašské Meziříčí pod ČOV	3	4	1	2	3	4
Rožnovská Bečva	Pod ČOV Zubří	3	3	2	2	4	4

Rok 2004

tok	profil	BSK5	CHSKer	N-NO3	N-NH4	P celk.	výsledná třída
Bečva	Valašské Meziříčí pod ČOV	2	2	2	1	3	3
Rožnovská Bečva	Valašské Meziříčí	2	2	3	2	4	4

Rok 2005

tok	profil	BSK5	CHSKer	N-NO3	N-NH4	P celk.	výsledná třída
Všetinská Bečva	Valašské Meziříčí	2	2	1	1	3	3
Rožnovská Bečva	Valašské Meziříčí	3	2	2	3	3	3

Zdroj: Povodí Moravy s.p.

DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>

 Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

JEZERA, MOKŘADY, NÁDRŽE

HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtýl

<http://home.czu.cz/petrtyl/>

CVIČENÍ 28.10. - 29.10. SE NENKONÁ

s ohledem na státní svátek

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

- Obecný popis biotopů stojatých vod
- Rozdělení stojatých vod
- Vznik charakteristika a vývoj podle typu
 - Jezera
 - Lužní lesy a mokřady
 - Extrémní stojaté vody
 - Přehrady
 - Konkrétní lokality – opáčko zeměpisu ☺
- Souhrn a otázky

ROZDĚLENÍ SLADKÝCH VOD

Lotické (tekoucí) vody



Lentické (stojaté) vody



CHARAKTERISTIKA STOJATÝCH VOD

společným znakem je turbulence. Ta zahrnuje proudění:

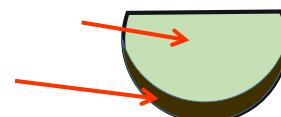
- laminární (přímočaré) - skluz vrstev po sobě (ovl. viskozitou)
- turbulentní (vířivé) = jiné než přímočaré
- Rozhodující vliv u stojatých vod má vítr - způsobuje rozvlnění hladiny
- Významný je též přenos tepla („tepelná výměna“)
 - způsobující promíchávání vody při jarní a podzimní cirkulaci
- U tekoucích vod je to spád, šířka toku aj., hybnou silou je gravitace
- Reakce vodních organismů – změny tvaru těla, přísavky, háčky, schránky apod.

CHARAKTERISTIKA STOJATÝCH VOD

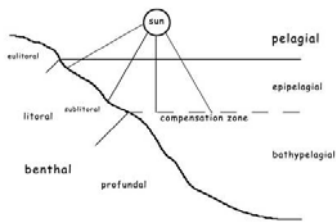
je pro ně charakteristické:

- teplotní zonace v podmínkách mírného pásu
- pravidelná letní a zimní stagnace a jarní a podzimní cirkulace
- **Stojaté vody** - životní prostor každé nádrže se člení na:

- pelagiál - oblast volné vody
- bentál - oblast dna



CHARAKTERISTIKA STOJATÝCH VOD



Bentál

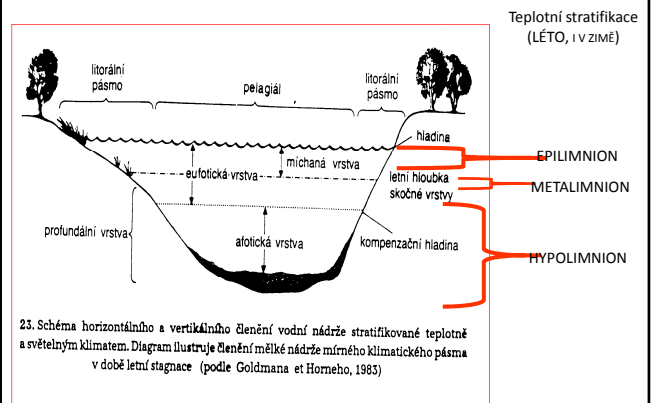
- litorál - příbřežní prosvětlené pásmo
- sublitorál tzv. přechodové pásmo
- profundál - pásmo, kde převládají disimilační pochody
- abysál - pásmo dna u nehlubších sladkovodních jezer

Pelagiál

- epipelagiál (trofogenní = eufotická vrstva)
 - převládá fotosyntetická produkce (epilimnion)
- kompenzační hladina
- batypelagiál (trofolytická = afotická vrstva či hypolimnion)
 - převládá disimilace

Pásma pelagiálu a bentálu vytvářejí svými vlastnostmi rozdílné existenční podmínky Ty pak regulují výběr organismů a složení cenóz

CHARAKTERISTIKA STOJATÝCH VOD



23. Schéma horizontálního a vertikálního členění vodní nádrže stratifikované teplotně a světelným klimatem. Diagram ilustruje členění mělké nádrže mírného klimatického pásma v době letní stagnace (podle Goldmana et Homeho, 1983)

Pelagiál: typy organismů

Plankton - společenstvo organismů pasivně se vznášejících nebo omezeně plovoucích ve volné vodě

- z hlediska svého původu ho dělíme:
 - bakterioplankton (bakterie)
 - fytoplankton (řasy, sinice)
 - zooplankton (vířníci, klanonožci, perloočky, aj.)

Nekton - organismy aktivně plovoucí ve volné vodě

- ryby, obojživelníci včetně jejich larev, některý vodní hmyz

Pleuston - název pro obyvatele hladiny vody využívající povrchového napětí vody (chvostokoci, některé vodní ploštice, brouci, vířníci apod.)

Neuston - společenstvo drobných organismů žijících v povrchové blance vody (řasy, prvoci aj.)

Bentál: typy organismů

Celý areál dna vodní nádrže nebo toku.

Dělí se na:

Litorál - tj. příbřežní prosvětlená zóna bentálu s velmi proměnlivými podmínkami a bohatým osídlením **primárními producenty**

Ta se dále člení na:

- **epilitorál** - prostor, který není pod přímým vlivem vody nádrže
- **supralitorál** - postříkované pásmo omývané pouze při vlnobití
- **eulitorál** - trvale zatopený, ale pod vlivem intenzivního pohybu vody, tato část je často neustále vymývána
- **infralitorál** - pásmo s významnou primární produkcí. Tvrdá (emergentní) vegetace přechází v zónu měkké vegetace až po tzv. ponořené louky

Profundál - začíná v pásmu, kde převládají disimilační procesy

- Cenózy této zóny jsou tvořeny **konzumenty**, kteří jsou závislí na primární produkci litorálu a epipelagiálu

- Mělké přirozené vody jako močály, stará říční ramena, tůňe a většina rybníků nemají pravý profundál a celá plocha jejich dna je vlastně pokračováním litorálu



TYPY STOJATÝCH VOD

• Přirozené:

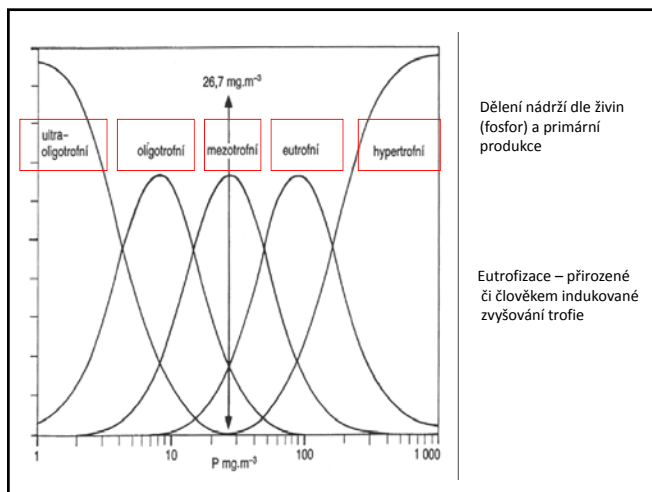
- jezera
- tůňe, slepá ramena
- rašeliniště, bažiny

• Přirozené „Extrémní“ vody

- mikrotelmy, saliny aj.
- jeskynní cenoty

• Uměle vytvořené:

- údolní nádrže
- rybníky
- důlní propadliny, zatopené kamenolomy, štěrkoviště



JEZERA

- Přirozené vnitrozemské nádrže se slanou nebo sladkou vodou. Přijímají povrchovou, srážkovou popř. podzemní vodu a nejsou součástí světového oceánu.
 - Vodní plocha se pohybuje od několika desítek m² po tisíce km²
 - Podobně kolísá i jejich hloubka od několika až po tisíce metrů
 - Jezera leží zpravidla v nepropustných pánvích, které vznikly nejrůznějšími způsoby: pohybem zemské kůry, erozí, sesuvem zvětralých hornin nebo vulkanickou činností
 - Slaná jezera:– nemají spojení se světovým oceánem a svou vodu ztrácejí pouze vypařováním, proto jejich salinita postupně roste .
- Vnitrozemská „moře“ = velká slaná jezera – např. Kaspické j.
- Sladkovodní jezera odvodňují řeky a množství vody, které do těchto jezer přitéká, obvykle převyšuje množství vody, která se vypaří, proto zůstávají sladkými

NEJVĚTŠÍ VNITROZEMSKÉ VODNÍ PLOCHY SVĚTA

Kaspické moře	Ázerbájdžán (Rusko)/Kazachstán/Turkmenistán/Irán	371 000 km ²	(slané)
Hořejší	USA/Kanada	82 400 km ²	(sladkovodní)
Viktorino	Keňa/Uganda/Tanzanie	69 500 km ²	(sladkovodní)
Huronské	USA/Kanada	59 610 km ²	(sladkovodní)
Michiganské	USA	57 454 km ²	(sladkovodní)
Tanganika	Kongo/Tanzanie/Zambie	32 900 km ²	(sladkovodní)
Bajkal	Rusko	31 500 km ²	(sladkovodní)
Aralské	Kazachstán/Uzbekistán	68 900 km ² v r 1960 / 18 240 km ² v r 2003 (slané)	

Nejhlubší světová jezera

Jezero	Stát	Max. hloubka
Bajkal	Rusko	1637
Tanganika	Tanzanie, D.R.Kongo, Zambie, Burundi	1435
Kaspické moře	Turkmenistán, Írán	1025
Malawi	Malawi, Mozambik, Tanzanie	706
Issyk-Kul	Kyrgyzstán	668
Velké Otročí jezero	Kanada	614
Kráterové jezero	USA	592
Matano	Indonésie	590
Buenos Aires / General Carrera	Argentina	586
Toba	Indonésie	529
Hornindalsvatnet	Norsko	514
Sarezské jezero	Tádžikistán	505
Tahoe	USA	501
Argentino	Argentina	500

Srovnání velikosti:



Měřítko obou satelitních snímků jsou shodná

Jezera dle původu vzniku

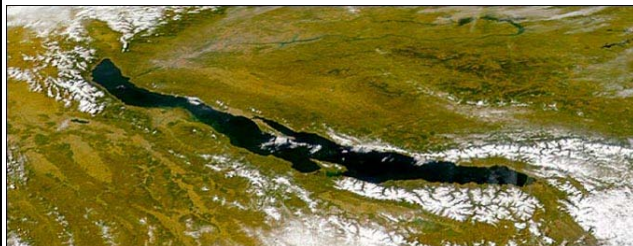
- tektonická v příkopových propadlinách, hluboký typ, velmi stará Bajkal, Tanganika, Viktorino, Titicaca
- vulkanická – kráterová, kalderová, chemicky specifická
- ledovcová
 - glaciální – vzniklá po ústupu kontinentálního ledovce ve velkém počtu (Kanada, Finsko)
 - morénová - vzniklá z horských ledovců za čelem morény – Tatry
 - karová (drobné v ledovcovém kotli, značná hloubka - Černé, Čertovo, Plešné)
- krasová – rozpuštěním podloží, zavodněním sníženiny
- fluvální – vzniklá z řeky (přírodním přehrazením, vylitím do okolí, pod vodopády a pod.), také v deltách

Jezera dle vertikálního profilu

- **mělká** - mají zpravidla velkou litorální část, menší profundál. Často trpí zarůstáním a rychlým zaměněním. Mají kratší životnost.
- **hluboká** - litorální část je malá. Významný je profundál a pelagiál. Hromadění živin je postupné, životnost těchto jezer je 10 000-15 000 let i více. Tato jezera pomalu stárnou. (př. Bajkal – s hloubkou 1 620 m je nejhlubším jezerem na světě a zároveň nejstarším (extrémní stáří, cca 25 miliónů let) , jezero Tanganjika – je hluboké 1 400 m).

JEZERO BAJKAL

na rozhraní Eurasijské a Amurské tektonické desky
 Nejstarší jezero na Zemi - 25-30 mil let
 Nejhlubší jezero na Zemi – 730m/1680m
 1/5 světových zásob povrchové sladké vody



satelitní snímek NASA z roku 1999

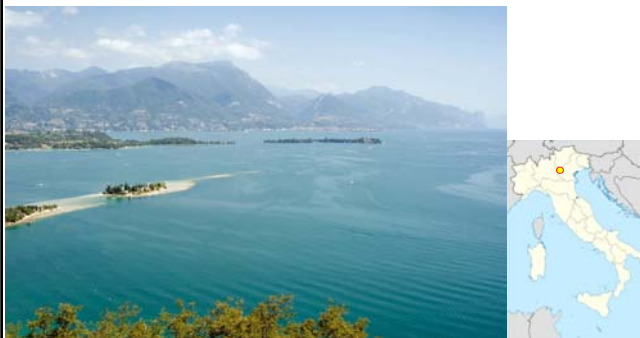
Kráterové jezero vzniklé v sopce Mount Kaguyak - Aljaška



C. Nye, Alaska Division of Geological and Geophysical Surveys, August, 1982.

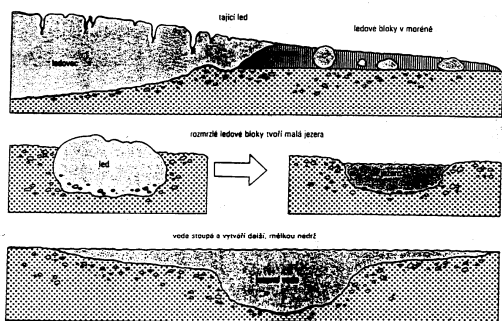
LAGO DI GARDA (ITÁLIE)

Vzniklo po poslední době ledové, působením ledovce



<http://www.alpy-2006.wz.cz/fotoweb/index%204.jpg>

VZNIK LEDOVCOVÝCH JEZER



Jak vznikla jezera působením ledu.

VZNIK LEDOVCOVÝCH JEZER

- Karová jezera (Šumava, Tatry) - Kary obvykle bývají ze tří stran obklopeny strmými srázy (arety), čtvrtou stranou je odváděna ledovcová masa. Na této čtvrté straně může být ledovec oddělen od údolí menším stupněm a kar samotný je poměrně často zahloben pod ostatní terén, takže po ústupu ledovce bývají zaplněny vodou. Takto vzniklé vodní plochy, spíše jezírka, jsou označovány jako karová jezírka, též jako plesa.
- Morénová jezera vzniklo ve sníženině za vyvýšenou čelní morénou – velká rozloha a malá hloubka (pleso v Tatrách)
 - **Moréna** je kamenný val vzniklý činností ledovce (boční a čelní).
- Subglaciální jezera - pod ledovcem... oligotrofní, málo organismů
- Horská oka - malá kulatá jezírka po roztátí ledu

Karové jezero - Wielki Staw

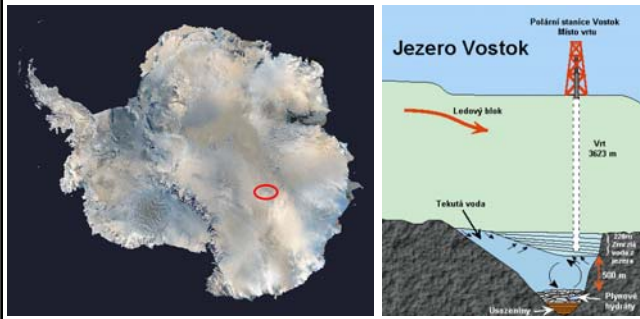
Polský Krkonošský národní park



Jezero - Vostok

Největší známé subglaciální jezero

4000 m pod Antarktickým ledovcem – desítky mil. let
Jeden z nejizolovanějších biotopů naší planety!
250 km dlouhé, hloubka až 800 m, 200 m pod hladinou moře



Křivé jezero vzniklo ze starého ramene Dyje v lužních lesích v okrese Břeclav v JM kraji



Foto: František Spilka

Jezera dle průtoku a vrstvení

- **bezodtoká** (uzavřená) – bez říčního přítoku i odtoku Kaspické moře
- **odtoková** (otevřená) – trvalé nebo občasné odtékání vody povrchově
- **průtočná** – s přítoky a alespoň jedním odtokem Ladožské jezero
- **konečná** – mají trvalý přítok vody, ale jsou bez odtoku

- **holomiktní** jezera – dokonalé promíchávání vody
- **meromiktní** jezera – promíchávání vody jen do určité hloubky

Jezera dle živin a složení vody

- **eutrofní** – vysoký podíl živin ve vodě
- **oligotrofní** – nízký podíl živin ve vodě
- **dystrofní** – vysokých podíl huminových kyselin - rašeliniště

- **sladkovodní** jezera (Ladožské jezero)
- **slaná** jezera (Kaspické moře)
- **minerální** jezera - sodná, chloridová, sulfátová, ...

Balchaš – východní Kazachstán

- Bezodtoké jezero s průměrnou hloubkou jen 6 metrů
- Výrazné kolísání vodní hladiny dle období sucha
- Polovina jezera je slaná a druhá polovina je sladká



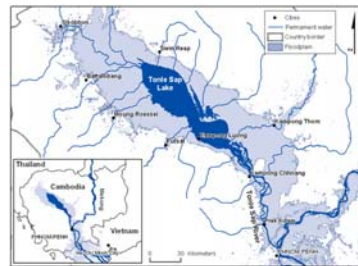
Kaspické jezero („moře“)

- Slanovodní jezero s průměrnou hloubkou 180m
- Nízká druhová diversita organismů – vysoká biomasa!
- Hladina leží 28 m pod úrovní světového oceánu



Tonle sap

- Sladkovodní jezero napájené stejnojmennou řekou z povodí Mekongu
- Velká druhová diverzita rybovitých obratlovců
- Specifický hydro-režim změna směru proudění



Jezera dle ichtyofauny

Trofie + teplota

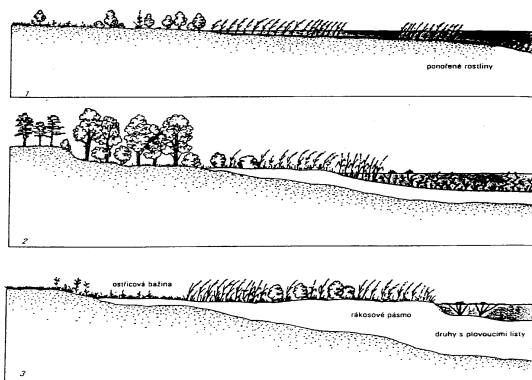
kyslík



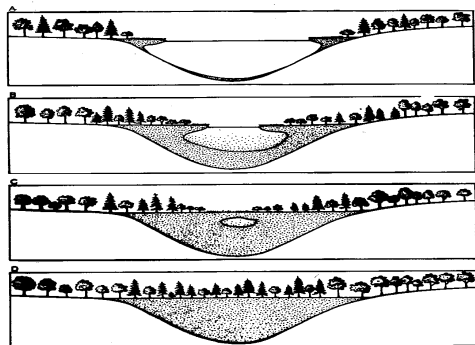
- Síhová
- Candátová
- Cejnová
- Karasová



ZAZEMŇOVÁNÍ JEZER



ZAZEMŇOVÁNÍ JEZER



klimaxem je lesní porost

Odlezenské (Mladotické jezero)

- Výměra: 5,9 ha
- na přítoku říčky Střely v povodí Berounky
- Nejmladší přírodní jezero u nás
- Vzniklo v květnu 1872 po vydatných deštích
- Přirozeně se zanášá sedimentem, brzy tak zřejmě opět zmizí.



ŠUMAVSKÁ JEZERA

- Vznik v poslední době ledové - po ústupu ledovce.
- Přírodně vzniklé hráze v podobě morénových valů.
- 5 jezer na české straně (3 na bavorské)
 - Černé – 18,4 ha, hloubka 40,6 m, nadm. v. 1008 m
 - Čertovo – 10,3 ha, hloubka 37 m, nadm. v. 1030 m
 - Plešné – 7,5 ha, nadm. v. 1090 m
 - Prášílské – 3,7 ha, hloubka – 15m, nadm. v. 1080 m
 - Laka – 2,78 ha, nadm. v. 1085 m (nejvýše položené)

www.sumavainfo.cz/Ledovcova-jezera

Černé jezero

- Největší karové ledovcové jezero v ČR
- Poslední doba ledová
- Rozloha 18,4 ha
- Hloubka 40m
- Ve výšce 1008 n.m.
- Povodní Labe



Čertovo

Plešné



Prášílské

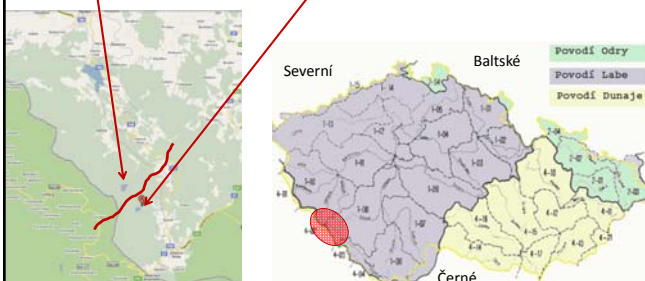
Laka



Evropské rozvodí mezi Černým a Čertovým j.

Černé jezero - Severní moře

Čertovo jezero - Černé moře



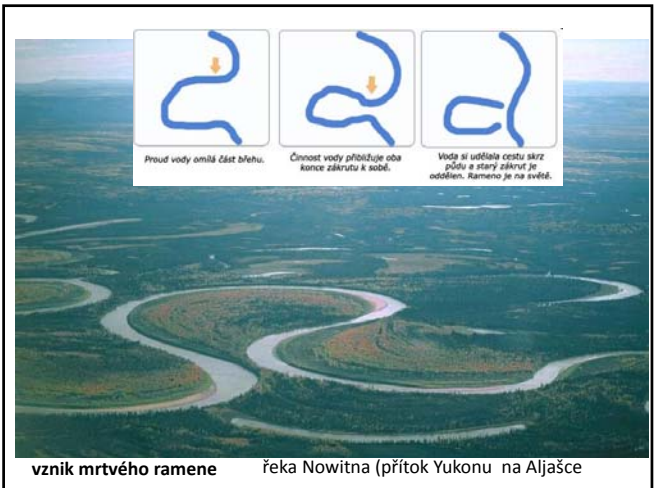
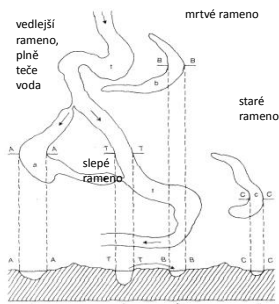
TŮNĚ

rychle se zazemňující stojaté nádrže přírodního původu, bohaté na živiny, vzniklé v nivě toku jeho činnosti



VZNIK TŮNĚ

- eupotamon- mateřský tok
- vedlejší rameno, plně teče voda
- parapotamon boční ramena spojená s tokem (slepá)
- plesiopotamon mrtvá ramena, která se plně oddělila od řeky
- paleopotamon (staré rameno) jsou tůně, které zůstaly na místě původního koryta, pokud jej tok zcela změnil
- zátopové periodické či trvalé tůně, vzniklé zatopením terénní deprese



vznik mrtvého ramene řeka Nowitna (přítok Yukonu) na Aljašce

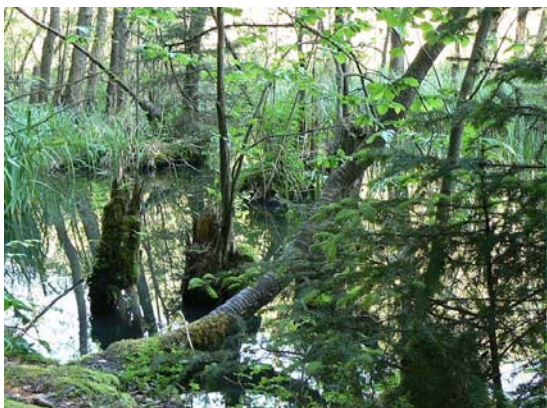
PR Hrbáčkovy tůně (tůň Kozí chlup)



MOČÁLY A MOKŘADY

- vznikají ze zarostlých tůň i malých jezer
- dotvářejí zpravidla charakter krajiny
- mokřady dnes patří mezi chráněné krajinné útvary.
- hodnocení z hlediska působení:
 - Negativní vliv - často fungují jako lůžisko komárů
 - Pozitivní vliv - mají význam pro rozmnožování a pobyt obojživelníků, vodních ptáků, hmyzu apod., často se zde vyskytuje celá řada specifických rostlin, zadrženi vody v krajině.

Kokořínsko poblíž Vojtěchova



DEFINICE A VÝZNAM MOKŘADŮ

- „WETLANDS“ - území bažin, slatin, rašeliníšť, území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území moří, jejichž hloubka za odlivu nepřesahuje 6 m.
- Mají největší primární produkci ze všech biotů (až o třetinu vyšší než tropický deštný les)
- největší obsah uhlíku (uložený v detritu)
- velká trvalá biomasa (zejména podzemní orgány rostlin)

DEFINICE A VÝZNAM MOKŘADŮ

- Zásadní vliv na stabilizaci vodního režimu v krajině
- Vysoká druhová rozmanitost společenstev
- Vysoká produktivita
- Štanořiště pro existenci, rozmnořování apod. velkého množství živočichů i rostlin
- Důležitý zdroj pro obnovu zásob pitné vody
- Možnost rekreace v mokřadních oblastech

RAMSARSKÁ DOHODA

- V roce 1971 se sešli zástupci mnoha zemí v iránském Ramsaru a dohodli se na ochraně mokřadů
- 1975 - vstoupila tato dohoda v platnost pod názvem **Ramsarská konvence**
- 2000 – k této úmluvě přistoupilo již 120 zemí světa
- Česká republika přistoupila k dohodě v roce 1990 jako jedna z posledních evropských zemí

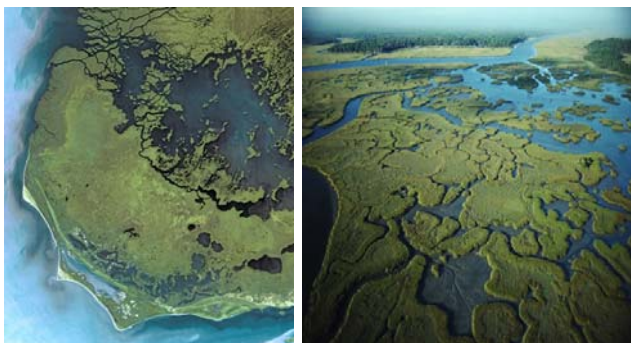
MEZINÁRODNĚ VÝZNAMNÉ MOKŘADY

- 1801 o celkové ploše 1 630 000 km² Nejvíce jich má Velká Británie (166)
- Největší lokalitou je **záliv Královny Maud** v Kanadě
- Světově známý mokřad **USA – EVERGLADES** – v nadmořské výšce asi 3 m se nachází v jižním výběžku Floridy.
- Nejvýznamnější evropský mokřad: **delta Dunaje**

Mokřad Everglades

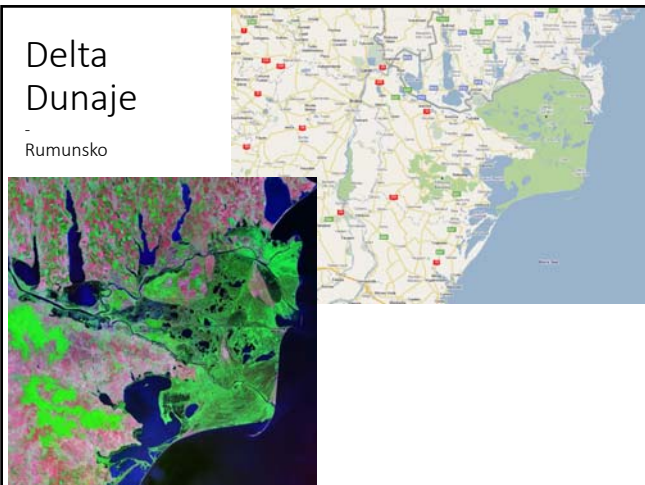


Mokřad Everglades



Delta Dunaje

- Rumunsko



Delta Dunaje



V ČR máme zatím 12 lokalit mezinárodně významných mokřadů o celkové výměře 54 656 ha jsou to:

- Šumavská rašeliniště
- Třeboňské rybníky
- Novozámecký a Břežehýšský rybník v Máchově kraji
- Lednické rybníky
- mokřady Litovelského Pomoraví
- mokřady Poodří
- Krkonošská rašeliniště
- mokřady dolního Podýjí (11 525 ha)
- Třeboňská rašeliniště
- mokřady Liběchovky a Pšovky
- podzemní Punkva
- Krušnohorská rašeliniště – 11 224 ha, zapsáno 2006

TYP MOKŘADU - RAŠELINIŠTĚ

- vodní biotopy s charakteristickou faunou a florou (rašeliník)
- mají význam ochranný
- kyselá voda s obsahem huminových kyselin (dystrofní)
- Často vznikají v severovýchodních oblastech z jezer a při špatném odvodňování

1. plovoucí polštář z rašeliníku a ostřic
2. postupné rozšiřování do středu vodní plochy
3. tloustnutí polštáře a vzrůst nových rostlin na vrchní straně (hromadění biologické hmoty na dně)
4. po zpevnění – kořenění keřů a stromů, často zánik vodní plochy a vznik lesního močálu

Radostínské rašeliniště –

(CHKO Žďárské vrchy)



Úpská rašeliniště (Krkonoše)



BAŽINY A MOČÁLY

- **Bažiny** – otevřené plochy přístupné větru. Jsou většinou porostlé vodomilnými rostlinami (ostřice, orobince)
- **Močály** – jsou to v podstatě zamokřené lesy, kterým vévodí stromy a keře
- Rozdíl mezi bažinami a močály není vždycky úplně jasný. Často se různé úseky prolínají a jsou doplňovány vodními plochami, které jsou pokryty listy a květy vodních rostlin (např. lekníny)

MANGROVY

- Dlouhé úseky bahnitých pobřeží lemovaných močály porostlé mangrovníky (rostliny s opěrnými a dýchacími kořeny)
- Mangrovny jsou odolné vůči soli (brakická voda)
- Zachycuje se zde bahno a jiný materiál a vytváří se pomalu základ pevniny
- Rostou v tropech a subtropech
- Jsou oblíbeným hnízdištěm ptáků (volavky, pelikáni aj.) a prostředím pro celou řadu živočichů



EXTRÉMNI STOJATÉ VODY

Rašeliniště - často zaujímají rozsáhlá území. Dominantní rostlinou je rašelíník (*Sphagnum*), který vytváří humifikovanou půdu (rašelinu)

- Rozlišujeme dva typy:
 - **Slatiny** - vznikají zazemňováním jezer a jiných nádrží a jsou zásobovány podzemní vodou (pH = 6-7)
 - **Vrchoviště** - jsou zásobována hlavně srážkovou vodou (pH = 3,5-4,5)
- Rašelinné tůňky jsou osídleny typickými druhy rostlin a živočichů, kterým říkáme tyrfobiontní druhy

Extrémní stojaté vody

Periodické vody

- vznikají na vhodných místech po tání sněhu, jarních záplavách, po deštích apod.
- patří sem i inundační území řek, lesní i luční tůně i dendrotelmy vznikající v dutinách stromů či pařezů
- Cenózy periodických vod jsou často charakteristické výskytem celé řady vzácných druhů, které jinde nežijí

Tůně (telmy)

Dočasné (periodické, temporální, astatické vody)
a) jarní; b) letní; c) podzimní

Mikrotelmy = extrémní biotopy
(i sudy s vodou a pod.)



MIKROTELMY

Dendrotelmy

v dutinách stromů

Fytotelmy

v úžlabí listů některých rostlin

Lithotelmy

v jamkách skal a balvanů



Pluviotelmy (napájené dešťovou či sněhovou vodou)



Potamotelmy (plněné vodou při stoupnutí hladiny řek buď infiltrací podzemní vody nebo přímým zaplavením povodňovou vodou svrchu)

Extrémní stojaté vody

Saliny

- jsou kontinentální (vnitrozemské) vody s vysokým obsahem solí. Příp. umělá nádrž sloužící pro získávání soli odparem vody.
- charakteristické pro ně je výrazné kolísání salinity od zlomku procenta po 26 % roztoku soli
- oživení je tvořeno euryhalinními (uzpůsobenými ke kolísání soli ve vodě) až halofilními (slanomilnými) druhy rostlin i živočichů (dle stupně zasolení)
- **Slaniska:** „zasolené mokřady“, menší kolísání salinity
 - Často blízko moře, nebo minerálních pramenů



Cetina - Chorvatsko

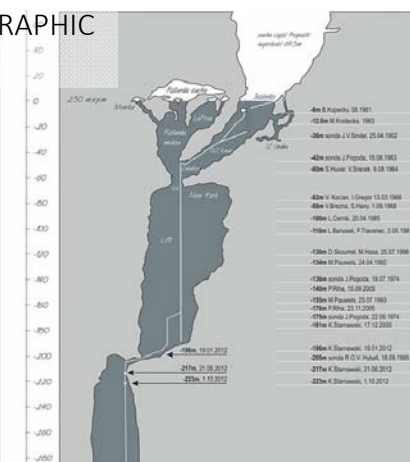


EXTRÉMNI VODY - JESKYNNÍ CENOTY

- Hranická propast v Hranickém krasu
- Nejhlubší sladkovodní jeskyně světa!!!
- Možná i vůbec nejhlubší zatopená jeskyně světa
- Dlouhodobé pokusy o změření její hloubky
- Technicky velice náročné
- Specifický biotop malého významu, ale velkých výzev 😊

NATIONAL GEOGRAPHIC STEP BEYOND 400m

- Krzysztof Starnawski



- UMĚLE BUDOVANÉ VODNÍ PLOCHY

Údolní nádrže

- Stavby budované napříč toku a sloužící k vzdutí vody.
- **Uměle hrazené**, většinou hluboké vodní nádrže, které nebývají zcela vypouštěny. Novodobý produkt především v 20. století.
- Zadržování vody pro další využití (vodárenské nádrže, zemědělství, chlazení elektráren, nadlepšování průtoků v době sucha...)
- Hydroenergetika – vodní elektrárny
- Ochrana před povodněmi
- Okrajově též rekreace, rybolov aj.
- Jedna z prvních velkých hrází byla postavena napříč údolím Garawi v Egyptě kolem r. 3000 př. n. l. Jejím úkolem byla regulace povodí. Byla 160 m dlouhá, zčásti z upéchované hlíny, zčásti zděná. V Egyptě je také jedna z nepozoruhodnějších moderních betonových přehrad – Asuánská vysoká přehrada na Nilu. Je 114 m vysoká a 3,6 km dlouhá.

Největší přehrady světa

- Grand Coulee (největší betonová), stát Washington (USA) délka 1 272 m, výška 167 m
- Tři soutěsky Čína 1084 km² délka 650 km, výkon 18 200 MW (srovnatelný s výkonem 9 Temelínů)
- Syncrude Tailings (největší objem), Alberta (Kanada) 540 000 000 m³
- Yaciretá-Apipé na řece Paraná (nejdelší) (Paraguay-Argentina), délka 72 km
- Nurecká přehrada na řece Vachš (nevyšší) (Tádžikistán) výška 310 m
- Akosombo na řece Volta (Ghana) největší plocha (8 482 km²)

Yaciretá-Apipé na řece Paraná – Jižní Amerika



Tři soutěsky na řece Jang-c'-ťiang – Čína

Přehradní hráz je 185 metrů vysoká a 2 309 metrů dlouhá
Vodní plocha zabírá 1 084 kilometrů čtverečních
Nádrž pojme až 39 miliard krychlových metrů vody



Dělení údolních nádrží podle převládajícího rybího osídlení

- **Pstruhové ú.n.** - v podhorských oblastech
- **Kaprové ú.n.** - nížinný typ – Nové mlýny
- Z účelových důvodů jsou některá přehradní jezera využívána jako retenční nádrže (tzv. **vodárenské údolní nádrže**), která slouží jako zásobárny pro pitnou vodu. Mívají speciální režim z hlediska zabezpečení (ochranná pásma - zamezení přístupu biogenů, účelové rybí obsádky apod.). Římov, Švihov/Želivka
- Orlík – největší objem vody v ČR 704 mil m³
- Lipno – největší plocha v ČR 48 km²

Vranovská údolní nádrž





Rybníky

- umělé vodní nádrže s poměrně velkým litorálním pásmem
- vypustitelné nádrže, průtočné (zřídka nebeské či pramenité)
- optimální velikost je nad 10 ha (malé teplotní výkyvy, průměrná hloubka 2 m, menší zarůstání)
- jsou využívány především k rybochovným účelům - hlavně pro chov kapra

Třeboňské rybníky

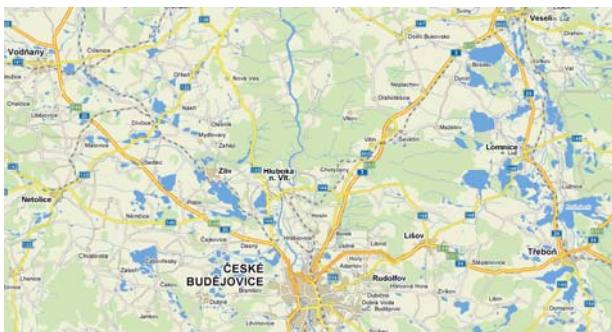
Rybník	Rozloha
1. Rožmberk	647 ha
2. Horusický	438 ha
3. Dvořišť	387 ha
4. Velký Tisý	313 ha
5. Zábřatský	310 ha
6. Staňkovský	272 ha
7. Svět	214 ha
8. Koclířov	202 ha
9. Bošilecký	200 ha
10. Opatovický	165 ha



www.naturfoto.cz © Jan Ševčík

Třeboňské rybníky

Největší rozmach v 15. – 16. století



www.mapy.cz

Lednické rybníky

- Národní přírodní rezervace
- 5 rybníků o velikosti 40 - 300 ha
- Ptačí oblast a mokřad mezinárodního významu



http://kucajirka.rajce.idnes.cz/Palava_letecky_2008/

Máchovo jezero

- Vzniklo na popud Karla IV. v roce 1366-7
- Původně 350 ha, nyní 284 ha
- Starý název: rybník Velký nebo též Hirschberský
- Dříve jako produkční rybník - nyní v držení AOPK



Propadliny a pískovny

jsou to vodní plochy s malým obsahem biogenů
charakter vody je spíše oligotrofní (něco mezi jezerem a rybníkem)



Propadlina Vrbenký



propadlina u obce Měděnec

pískovna: Ostrá



Nově vznikající nádrže

- Zahlazování důlní činnosti – severní čechy
- Specifické poměrně velké nádrže jezerního typu
- Sokolovsko, Mostecko – výrazná antropogenní činnost



www.mapy.cz

DĚKUJI ZA POZORNOST

<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>

PRAMENY, POTOKY, ŘEKY

HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtyl

<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

- fyzikální a chemická charakteristika
- látkový koloběh
- teorie říčního kontinua
- monitoring
- stavební úpravy toků



TEKOUCÍ VODY

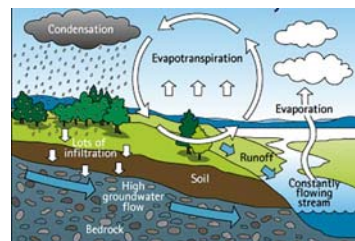
- Jsou charakteristické jednosměrným prouděním vody, která teče přirozeným, upraveným nebo umělým korytem.
- Obecně zadržují tekoucí vody 100x méně vody než jezera.



„VZNIK“ TEKOUCÍCH VOD

Srážková voda

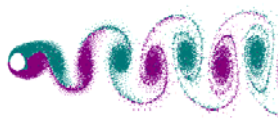
- zpětný odpar
- absorbování rostlinami
- absorbování propustnou vrstvou zeminy
- průsak na nepropustné podloží, odtok po spádnicí, dokud se neobjeví zpět na povrchu jako pramen



TEKOUCÍ VODY (LOTICKÉ):

Na základě spádu, rychlosti proudění nastává proudění:

torentilní (kde převládají vířivé pasáže vody)



Fluviatilní laminární (převaha laminárního proudění)



ROZDÍLY TEKOUCÍCH A STOJATÝCH VOD

- pohyb vody především díky spádu (g)
- větší kolísání hladiny (větší riziko povodní a silné narušení bioty, disturbancí)
- jednosměrný pohyb – specifická sedimentace
- kratší doba zdržení (dny, max. týdny), ve stojaté vodě i roky
- relativně mělké
- většinou nedochází k teplotní stratifikaci
- vyšší množství org. látek
- vyšší koncentrace živin, dochází k jejich menšímu zadržování v sedimentu
- vyšší zakalení vody
- distribuce kyslíku malé toky přes 100 % nasycení

Teplota

- oproti stojatým vodám nedochází ke stratifikaci
- od pramene se teplota zvyšuje cca o 0,7 °C na každých 100 m poklesu nadmořské výšky
- břehové partie se rychle zahřívají i zamrzají na rozdíl od vody v proudnici
- denní teplotní změny
 - malých toků 3 - 6 °C
 - velké toky 1 °C

PRAMENNÁ ČÁST - KRENON

Pramen = soustředěný přirozený vývěr podzemní vody na zemský povrch.

- **Reokren** – přímý odtok ze svahu (spíše v horských oblastech)
- **Limnokren** – tůňka v plochem terénu, odtok do potůčku
- **Heleokren** – bažina či mokřad s odtokem do potůčku (spíše v nižších polohách)

Od pramene pak v příznivých podmínkách vzniká vlastní tok.

Toky se spojují do hydrografické sítě, která odvodňuje celé **povodí**.

Vodní tok má přirozené koryto s **příčným** a **podélným** profilem

HORNÍ ČÁST TOKU - RHITRON

- Rychlý tok s erodovaným dnem
- Větší kameny bez usazenin
- Celoročně nízká teplota vody s dostatkem kyslíku
- Bez planktonu s nárostovými organismy (řasy, rozsivky, játrovky, mechy)
- Převažují larvy hmyzu

SPODNÍ ČÁST TOKU - POTAMON

- Pomalejší proudění
- Aluviální dno s usazeninami
- Kolísání obsahu kyslíku ve vodním sloupci
- Více planktonu
- Vyšší vodní rostliny – makrofyta
- Larvy hmyzu, měkkýši, koryši, kroužkovci, ryby

Horní tok

- převaha eroze,
- říční údolí ve tvaru "V" s minimem usazenin

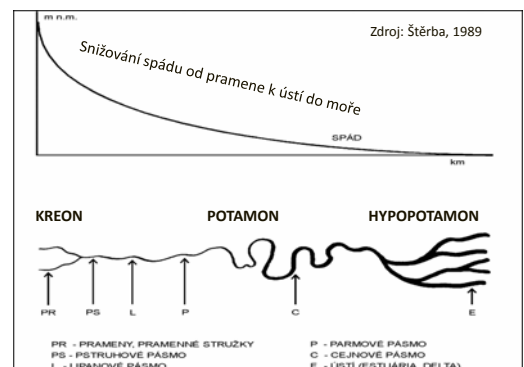
Střední tok

- eroze i sedimentace
- říční údolí je plošší a s již významným podílem usazenin
- Koryto tvar písmena "U"

Dolní tok

- převaha sedimentace
- údolí je ploché
- díky masivní sedimentaci vznik rozsáhlé říční nivy

HORIZONTÁLNÍ PROFIL TEKOUČÍCH VOD

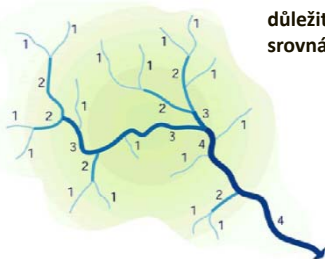


Dělení na tzv. „rybí pásma“ dle Dr. Friče

KATEGORIE TOKU – STRAHLEROVO ČÍSLO

Ideální model toku má 3 úseky:

- Horní tok – řeky 1. – 3. řádu
- Střední tok – řeky 4. – 6. řádu
- Dolní tok (large rivers) – 7. a vyšší řády



důležité je si uvědomit, že má cenu srovnávat pouze toky stejného řádu

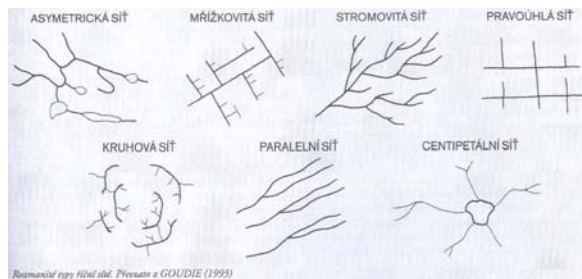
Horton, R. E. (1945), "Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology", Geological Society of America Bulletin, 56 (3): 275–370

TYPY ŘÍČNÍCH SÍTÍ

Charakteristiky toků: spádové poměry, šířka toku, rychlost proudu, obsah kyslíku, teplota vody, ...

Rozlišujeme úseky:

- **torentilní** (kde převládají vířivé pasáže vody)
- **fluviatilní** (rychle tekoucí vody s převahou laminárního proudění)



Ročník 1993, Písnice a GOUDIE (1993)

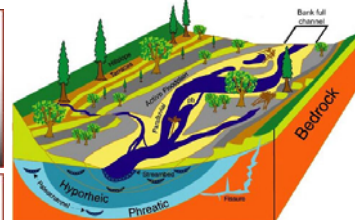
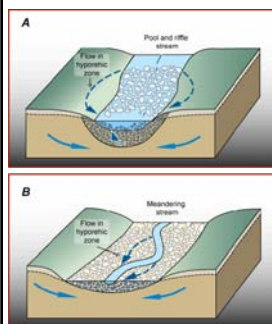
VODOHOSPODÁŘSKÉ ČLENĚNÍ

- **pramenné stružky**
- **bystřiny** - krátké horské toky s malým povodím (nejvýše 50 km²) a velkým spádem (i nad 20 promile)
- **horské potoky** - toky horských a podhorských oblastí, často ještě s velkým spádem (do 20 promile), koryto je již stabilizované a v širších údolích tvoří meandry, průtoky bývají často ještě rozkolísané
- **potoky** - vodní toky pahorkatin, někdy i nížinné potoky se spádem do 10 promile, časté jsou meandry, průtoky jsou relativně vyrovnané, za přívalových dešťů se však často značně rozvodní
- **řičky** - toky o středně velkém povodí (100 i více km²), tvoří přechod mezi potokem a řekou
- **řeky** - převážně nížinné vodní toky s větším až velkým povodím (150-2 000 km²), malý spád koryta (0,1-2 promile), k průtokové rozkolísanosti dochází hlavně při déletrvajících deštích
- **Veletoky** - odvod povrchové vody do moří a oceánů

Členění dle velikosti a charakteru povodí (délka toku, spád a průtokové poměry) Adámek, 1995

VERTIKÁLNÍ PROFIL TEKOUČÍCH VOD

- Ne všechna voda (a život v ní) je zřetelná na první pohled

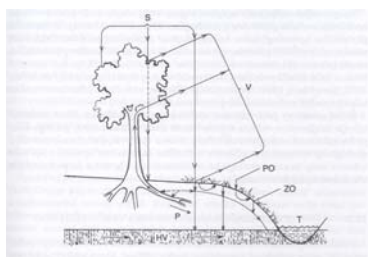


Hyporeál umožňuje přežít vodním organismům (hyporeos) období sucha spojená s dočasným poklesem vodní hladiny

Winter et al, 1998

VZNIK POVRCHOVÉHO ODTOKU VODY

- Specifický odtok je řízen srážkami a schopností půdy a vegetace zadržovat vodu.
- Specifický odtok je nižší u nížinných řek než v horách.



28. Schéma vzniku povrchového odtoku a sítěje nádobující vodní toky: S srážky, V výpar, P infilace, PO povrchový odtok, ZO podzemní odtok, HV hladina podzemní vody, T tok (podle Hynes, 1970)

HYDROLOGICKÉ UKAZATELE

Specifický odtok – q

- množství vody odtékající za časovou jednotku z plochy povodí. Jednotka: l.s⁻¹km⁻² (**řeky ČR běžně 5-20 l.s⁻¹km⁻²**)

Průtok – Q

- množství vody, které proteče daným příčným profilem za sekundu
- Udává se denní, měsíční, roční nebo víceletý průměr

m-denní voda Q_m l.s⁻¹

- pravděpodobný průtok dosažený po m dnů v roce
- „kolik dní v roce je pravděpodobné, že bude aspoň takový průtok“

n-letá voda Q_n m³.s⁻¹

maximální průtok v daném profilu za „n“ let (Q₁₀, Q₅₀, Q₁₀₀)

Vodnost – velikost průtoku z dlouhodobého hlediska

Povodňová služba a provozní činnost na tocích

Ochrana před povodněmi se provádí podle zákonných ustanovení ČR. Tato opatření jsou zakotvena do povodňových plánů.

Povodňové plány jsou dokumenty obsahující údaje potřebné pro ochranu určitého území před povodněmi.

Ochranu před povodněmi zajišťují povodňové orgány: zastupitelstva obcí, krajské úřady, ministerstva. po dobu povodně – povodňové komise obcí, krajů, ústřední povodňová komise ČR (MŽP).

Stupně povodňové aktivity

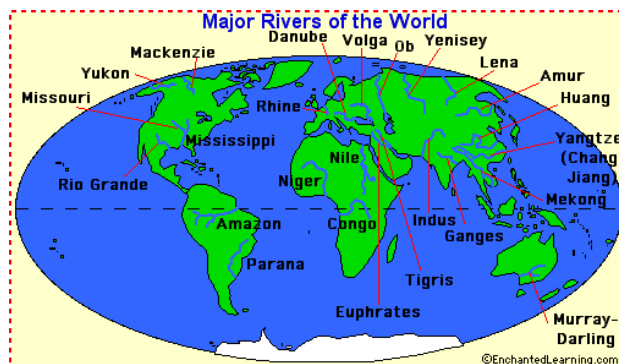
- Stav bdělosti –
 - nastává při nebezpečí povodně
 - vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost toku
- Stav pohotovosti –
 - již se provádí opatření k zmírnění průběhu povodně
 - při tomto stupni nedochází ještě k rozlévání vody a větším škodám mimo koryto toku
- Stav ohrožení –
 - voda se začíná vylévat z koryta, vznikají škody mimo koryto a dochází k bezprostřednímu ohrožení života osob v zátopovém území

Základní parametry vybraných toků

Tabulka 11
Základní hydrologické parametry některých světových a našich toků.
Údaje o průtocích se týkají ústí řek, profil Váhu je měřen nad Malým Dunajem (podle Netopila, 1972 a Bulficka, 1972)

Tok	Délka km	Plocha povodí v km ²	Q m ³ · s ⁻¹	q l · s ⁻¹ · km ⁻²
Amazonka	7 025	6 140 000	212 000	34,5
Volha	3 690	1 350 000	8 130	5,9
Dunaj	2 857	0 817 000	6 430	7,9
Vltava	453	0 028 092	150	5,3
Váh	390	0 010 641	152	14,3
Morava	325	0 028 658	115	4,3
Hnělec	165	0 000 655	8	12,2
Bítyška	37	0 000 112	03	2,5

HLAVNÍ SVĚTOVÉ ŘEKY



10 NEJDELŠÍCH ŘEK SVĚTA



JAK JE TO S NEJDELŠÍ ŘEKOU?

- Expedice Prof. Bohumíra Jánského s týmem na přelomu 20. století
- Po 250 letech definovali nově a velmi přesně pramennou oblast Amazonky, čímž její tok prodloužili o další stovky km
- Tím padlo prvenství Nilu (ne všichni tuto změnu přijali ☺)
- Amazonka je přes 7000km dlouhou řekou



Foto: V. Šimek

PRAMEN AMAZONKY



PRAMEN AMAZONKY



ŘEKY ČR – DÉLKA TOKŮ A PRŮTOK (Q) – ROČNÍ PRŮMĚR

Vltava	430,2 km	149,9 m ³ /s
Labe	364,5 km	308 m ³ /s (na území ČR)
Morava	353,1 km	120 m ³ /s
Ohře	300,2 km	37,94 m ³ /s
Dyje	305,6 km	43,89 m ³ /s
Sázava	224,6 km	25,2 m ³ /s
Jihlava	184,6 km	11,75 m ³ /s
Jizera	163,9 km	23,9 m ³ /s
Lužnice	153 km	24,3 m ³ /s
Odra	120 km	610 m ³ /s (na území ČR)
Otava	113 km	26 m ³ /s

EKOLOGICKÉ VZTAHY MEZI MORFOLOGIÍ TOKU A VODNÍMI ORGANIZMY

- Snaha o pochopení vlivu morfologie toku a abiotických parametrů na biotickou složku.
- Určité obecné principy a vzory ve složení společenstev tekoucích vod v závislosti na části toku (horní, střední, dolní)
- Popis těchto závislostí pomocí teorií a konceptů



TEORIE ŘÍČNÍHO KONTINUA River continuum concept (RCC)

Název: pochází z 80. let – američtí autoři Vannote a kol.,

Předpoklad:

- Organismy a společenstva v podélném profilu toku se vyvíjejí v souladu s podmínkami vnějšího prostředí
- Podle toho jak se mění podmínky formují se neustále v nepřetržitém sledu nové biologické struktury
- Fyzikální struktura toku a hydrologický oběh (režim dynamické rovnováhy) formují jakousi životní nabídku pro biologickou složku, která se podle toho modeluje a reaguje na podélnou změnu toku od pramene do delty.

VARIABILITA ZMĚN ŘÍČNÍHO KONTINUA

- Klima a geologické podloží
 - hydrologický režim, přísun živin
- Břehové (krajinné) faktory
 - světlo, živiny, org. l., přísun ze souše
- Přítoky
 - vliv na teplotní režim, transport unášených látek
- Lokální zvláštnosti toku (struktura dna, tvar koryta)
- Antropická aktivita – všeobecný vliv

DYNAMIKA ŘÍČNÍHO KONTINUA

Hlavní ukazatelé RCC:

- Obsah rozpuštěných a partikulovaných látek v toku
- Obsah organických látek (BSK, CHSK)
- Druhovou diverzitou organismů (Biomonitoring)
- Teplotní rozdíly během 24 hodin
- Poměr hrubé primární produkce a respirace

POUŽÍVANÉ TERMÍNY:

DOM – Dissolved organic matter

POM – Particulate organic matter

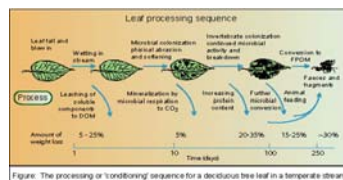
DOC – Dissolved organic carbon

KOLOBĚH ŽIVIN

Prameny a začátky toku chudé na živiny, nízká teplota, zastínění..., není vlastní produkce biomasy, využitelné zdroje jen co spadne (dřevo, kůra, listí...), jedná se o hrubé částice větší než 1 mm

Tyto částice se postupně rozpadají na jemnější a jemnější, unášené dál po proudu (vlivem fyzikálním i biologickým - drtiči); (tomu odpovídají sedimenty dna)

Po proudu klesá přísun org. látek z okolí, ale jsou využívány přinesené proudem z vyšších partií a čím dále více se biomasa i tvoří



TEORIE ŘÍČNÍHO KONTINUA

▪ Poměr primární produkce a respirace

- V horních úsecích toku převažuje heterotrofie, ve středním úseku autotrofie, v dolním úseku toku opět spíše heterotrofie (limitující zákal a velká hloubka)

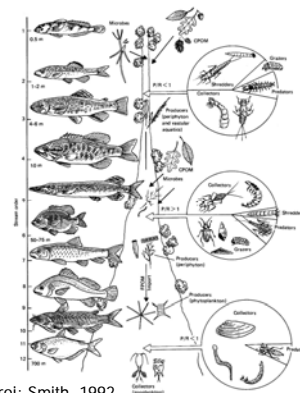
▪ Potravní adaptace (trofie)

- V horních úsecích kouskovači (shredders) a sběrači (collectors), menší a menší dolů... ryby spíše dravci a náletoví požírači
- Ve středních úsecích toků ubývá kouskovačů. Přibývá nárostů řas i rostlin jako zdroj potravy pro spásáče (grazers) nebo škrabače (scrapers). Bentofágní ryby.
- Dolní úsek toku hlavně sběrači (collectors). Přibývají ryby živící se planktonem a upřednostňují méně proudivé úseky

TEORIE ŘÍČNÍHO KONTINUA

Postupné změny v toku

- abiotické
- biotické



Zdroj: Smith, 1992

kontroverze konceptu

- Platí jen pro řeky s kanálovitým korytem, nebere v úvahu retenci zadržetí vody, změny v proudu...
- Platí jen v mírném pásmu, dostatečně dlouhé řeky, se změnami s nadmořskou výškou
- Energie? Přísun org. látek z horního toku neužívá dolní tok
- Není takto věčný ustálený stav
- Dochází k interakci s okolní nivou (záplavy...)
- Adaptace organismů proti proudění (rychlost proudu)

• Koncept po sobě jdoucích diskontinuit

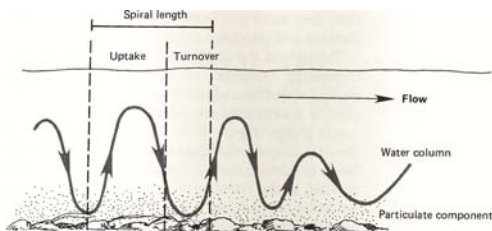
- toky ovlivňují diskontinuitu, hráze, jízky, např. pod nádrží na toku je znovu studenější voda...

• Koncept záplavových pulzů (Amazonka) důraz na interakci s okolní nivou (výměna živin)

- s velikostí neklesá vliv příbřežní zóny
- přísun org. l. shora není dostatečný
- přísun org. l. z břehů a produkce význam i dole
- koryto se mění (prázdné, vyběženo, záplavy)
- záplavové zóny ochrana proti povodním☺, Nil

• Modely – disturbance, interakce se spodní vodou

Koncept spiralizace živin Resource spiralling concept



- Živiny jsou v toku využívány vícekrát
 - Délka spirály je to, kdy se vrátí do +- původní formy (rozpad, syntéza, rozpad)
 - Čím je kratší, tím účinněji byla živina využita (v určitém úseku toku se mohla recyklovat vícekrát)

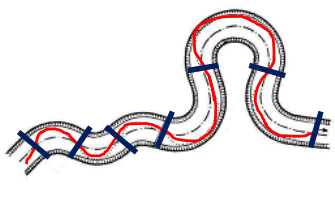
Zdroj: Smith, 1992

MORFOLOGIE TOKU

- **Brod** - místo se sníženou hloubkou v toku (vhodné k přebrodění) - rychlejší proud v důsledku většího spádu



Brody



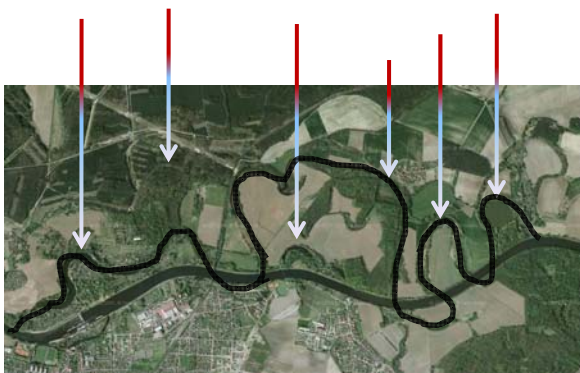
Vhodné místo pro brod je tam, kde proudnice protíná střednici

Tůň

Tůň - místo na toku, místo se zvýšenou hloubkou snížený proud, tišiny, vyšší stupeň sedimentace

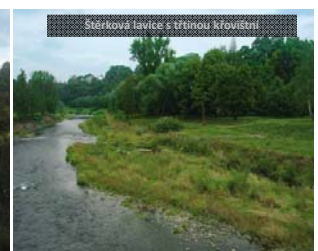
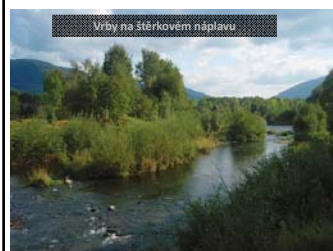


Tůň : Čelákovice – Lysá n.L.



Lavice v toku

- náplavy v korytech řek nad průměrnou úrovní nivelety toku



PŘIROZENÝ vs. UMĚLÝ TOK

Přirozeně utvářené (meandrující) koryto s různými příčnými a podélnými profily a variabilními průtoky.



Umělé toky (např. kanály, náhony)
Říční koryta stavebně upravená a doplněná o příčné překážky



Stavební úpravy a revitalizace toků

- Úpravou toků je ovlivněno:
 - Kvalita vody
 - Reprodukce a migrace vodních organismů
 - Estetický ráz krajiny
 - Průběh snížených či zvýšených vodních stavů (záplavy)

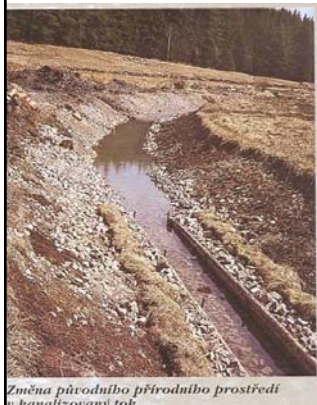
Stavební úpravy toků

- Úpravy v podélném profilu
- Zaklenutí (zatrubnění) toku
- Tvrdé opevnění koryta
- Vegetační opevnění koryta
- Úpravy v příčném profilu:
 - Jezy – omezují migrace ryb

Úpravy podélného profilu

- Podélný profil má odpovídat sklonu území a má plnit požadavky na biotyp – tj. střídání tůní, brodů, atp.
- Z hlediska organismů je samozřejmě nejlepší nezasahovat
- V kulturní krajině mnohdy nereálné
- Úplné napřímení toku – realizovat co nejméně
- Zatrubnění toku - realizovat jen vyjíměčně!
- Úprava blízka přírodním podmínkám (cena ☺)

Degradace toku regulací

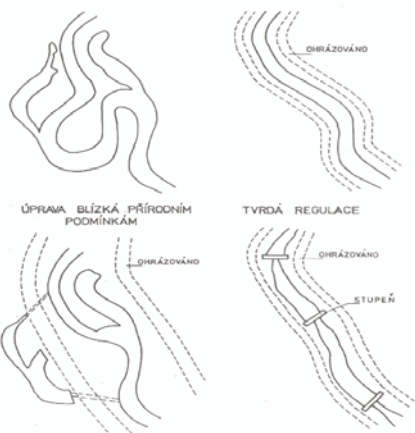


Změna původního přírodního prostředí v kanalizovaný tok

Zaklenutí (zatrubnění toku)



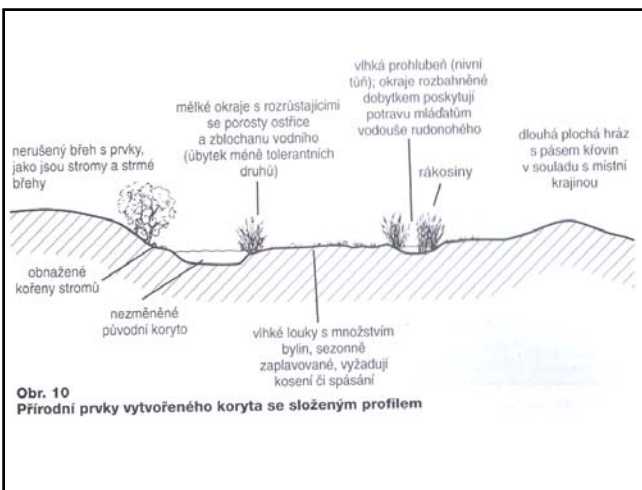
Obr.30 Schéma vývoje úprav vodních toků.
PŘIROZENÝ TOK REGULACE



Poldr (polder) =

- je speciální systém hrází podél toku do nichž se voda, když se řeka vylije z břehů, postupně rozlévá

Budování poldru na potoce Rokytká

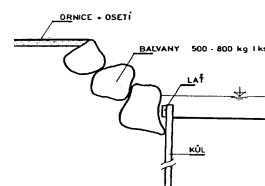
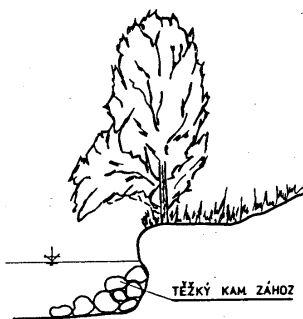


Tvrdé opevnění koryta

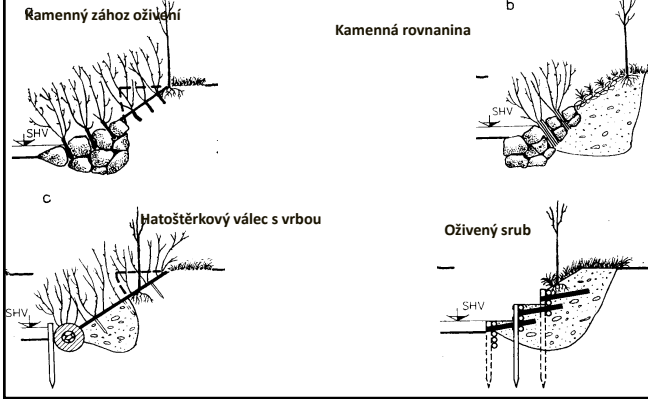


Zpevnění volně loženým kamenem Kamenný zához

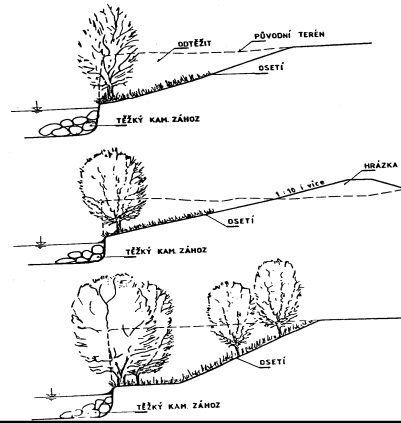
- Těžký kamenný zához
 - z rybářského hlediska velmi vhodný
- Podmínka:
 - musí být pod vodou



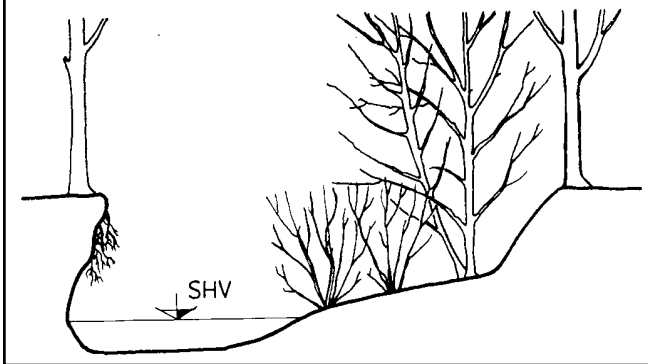
Vegetační opevnění koryta



r. 49 Příklad skapacitní koryta v rámci úpravy blízké přírodním podmínkám. Při úpravě jsou uplatněny stromové a keřové prvky, běh je zpevněn a rozčleněn kamenným záhozem.



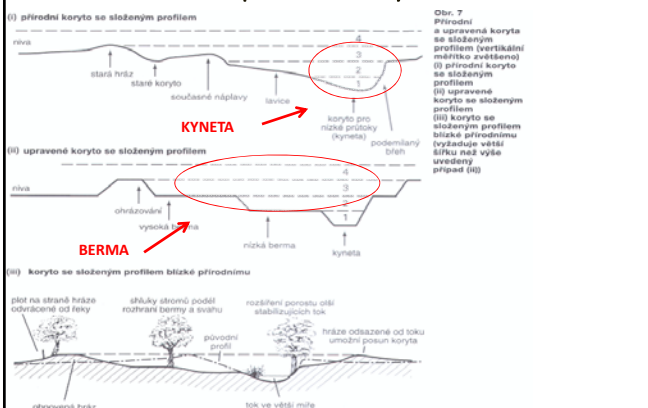
Přirozený vývoj koryta a břehového porostu v oblouku



Koryta se složeným profilem

- přirozený proces tvorby koryt se složeným dnem je více patrný u podhorských potoků, které aktivně mění polohu v říční nivě
- Pohyb takových říčních koryt vytváří komplex profilů, které se mohou projevit až ve čtyřech stupních
- vícestupňová koryta
- vyhýbají se rozšíření koryta a přitom výrazně zvyšují jeho profil
- v nejjednodušší podobě fungují tak, že po zaplavení části koryta dojde k zaplavení její nivy, vybagrované podél přirozeného koryta. Navržená koryta se složeným profilem proto umožňují, aby koryto pro nízké průtoky zůstalo nedotčeno

Přírodní a upravené koryto toku



ÚPRAVY PŘÍČNÉHO PROFILU

- Příčné stavby v toku a tvorba různých stupňů negativně ovlivňuje migrační možnosti vodních organismů

5. Kamenný jez. Bývá zpevněn pomocí dřevěných trámů a pilotů. Doporučuje se i na vodách pstruhových, protože pstruh snadno překonává výškové rozdíly, nežli línět jezu není strmý. Nejvyšší hranu jezového tělesa nazýváme koruna, plocha ohraničená proti proudu jeou prsa a plocha, po níž klouže voda, je líbet.



4. Betonový jez. Vhodný pro vody se širším tokem. Nedoporučuje se ve vodách pstruhových, protože pstruh nemůže překonat velké výškové rozdíly, které představují i několik metrů. Vývarité byvá často vhodným úkrytem pro ryby.

JEZY

- Z biologického hlediska - negativní vliv
- K projektové dokumentaci se mají vyjádřit i rybáři
- Povinnosti stanovují ČSN normy
 - úpravy vodních toků - ČSN 736820
 - úpravy vodních toků s malým povodím - ČSN 736823
 - Směrnice ministerstev, ŽP
 - Navrhováním nesmí být životní podmínky ryb zhoršeny
 - v případě potřeby musí být navrženy kompenzující opatření

JEZY

- Z hlediska průchodnosti pro vodní organizmy je logicky podstatný sklon a celková výška vertikálního stupně jezu
- Menší jezy (převážně v horních úsecích toků) jsou pro vodní organizmy prostupné.



Přírodní jez



Umělý jez

Klapkový jez



Jez s retardérem



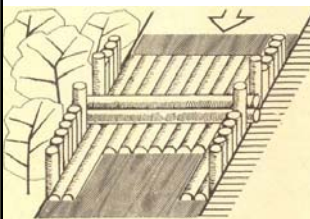
Shrnutí nepříznivých vlivů regulace toků

- zkrácení břehové partie
- redukce ekologické rozmanitosti
- zmenšení vodní plochy což vede ke snížení produktivity vodního prostředí
- zrychlení odtoku a snížení celkového objemu vody
- vznik deficitních vodních stavů s minimálními průtoky
- vysoká kulminace povodňových vln pod regulovanými úseky
- snížení samočisticí schopnosti vody
- likvidace břehových porostů a zánik zaplavovaných území významných pro reprodukci ryb
- destrukce původní ichtyofauny

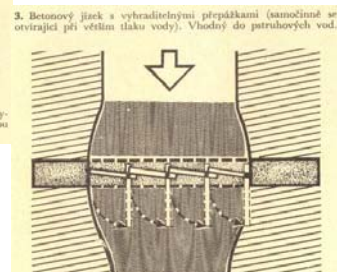
Rybářské stavby v tocích

- Stupně (jezy, jízky, prahy)
- Revitalizace toků a tvorba úkrytů
- Lovná zařízení (slupy, haltýře)
- Rybí přechody (rybovody, přesmyky, rybí zábrany)
(více o rybích přechodech na dalších přednáškách)

Jezy pro pstruhové vody



2. Dřevěný jížek. Vhodný do pstruhových vod. V podjezí je vybudován úkryt pro ryby. Jížek je zhotoven z kulatiny. Břehy jsou spevozně zastřešeny.



3. Betonový jížek s vyhraditelnými přepážkami (samostatně se otvírající při větším tlaku vody). Vhodný do pstruhových vod.

Slupy a vrše - lov

- Slupy se používaly hlavně v dřívějších dobách
- Instalovány poblíž jezů – lov táhnoucích úhořů



Poslední slup na jezu v Kořensku

Lososnice - lov

- Lov táhnoucích lososovitých ryb



Historická lososnice na řece Otavě

DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>

 Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

SPOLEČENSTVA TEKOUČÍCH VOD

HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtyl

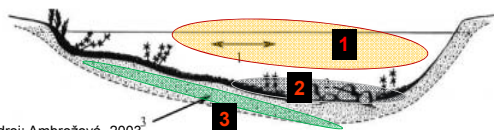
<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

- **Tekoucí vody**
 - Příčný profil: Volná voda, bentál, hyporeál
 - Podélný profil: Rybí pásma
 - Interakce v říčním systému
- **Společenstva tekoucích vod**
 - Morfologické a fyziologické adaptace
 - Prostorové uspořádání

PŘÍČNÝ PROFIL TOKU

- 1) Reopelagiál - Volná tekoucí voda
 - klidné úseky se blíží stojaté vodě
- 2) Bentál – povrchová vrstva dna toku
 - dle charakteru sedimentů (podloží, spád, rychlost a množství vody)
- 3) Hyporeál – podříční dno tj. hlubší vrstva dna s infiltrovanou vodou
 - až do hloubky několika metrů



Zdroj: Ambrožová, 2003

1) VOLNÁ VODA (REOPELAGIÁL)

- Často převládá turbulentní nebo jiné silné proudění
- Plankton – jeho přítomnost je většinou omezena (záleží na síle proudu) - výskyt pouze v místech sníženého proudění
- Drift = proudový snos především bentické druhy
- Nekton = Ryby – jsou trvalou součástí (hlavně reofilní druhy, mají schopnost aktivního pohybu)

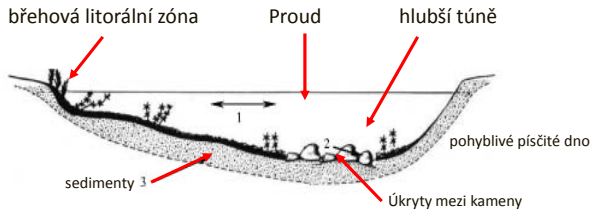
2) PÁSMO DNA (BENTÁL)

- Struktura dna a jeho charakter se průběžně kvalitativně i kvantitativně mění
- Tomu odpovídá i stupeň oživení (druhová pestrost, biomasa)
- Nárůst biomasy různých zástupců dna je závislý na gradientu:
- Písek – štěrk – balvany – kameny – bahno
 - výskyt na kamenech závisí na množství nárostů
 - písek oživen málo (máloco se v něm dostatečně uchytl)
 - bahno největší biomasa, ale druhově chudé
 - husté zárosty makrovegetace poskytují úkryty a jsou silně kolonizované

3) PODŘÍČNÍ DNO (HYPOREÁL)

- Navazuje na ekosystém podzemních vod, ale má své specifické vlastnosti (nejsou zde obvykle organismy trvale žijící v podzemí)
 - je plně pod kontrolou toku
 - rychlost vody s hloubkou exponenciálně klesá (10 cm již minimální)
 - rychle se snižuje průnik světla
 - řádově více osídleno, než tatáž plocha dna (zelená vrstva?)
- Z uvedených předchozích systémů je nejméně proměnlivý – neměnné podmínky
- Význam má zvláště v tocích s extrémními podmínkami nebo u toků s negativním antropickým ovlivněním
- Struktura organismů (**hyporeos**) je limitována prostorovými možnostmi a propustností materiálu dna

MIKROHABITATY V TOKU



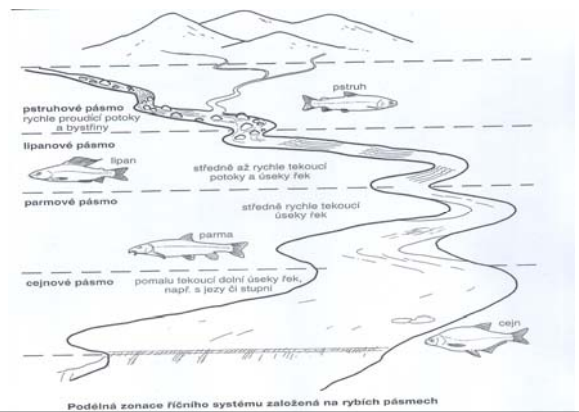
6 SKUPIN ZOCENÓZ

1. Druhy přežívající v říčních tůňích - snášejí vyšší teploty vody a nižší obsah kyslíku
2. Druhy které v době sucha aktivně pronikají do hlubších vrstev dna
3. Druhy přežívající ve stadiu vajíček nebo larev, které estivují mimo tok a pak se vrací zpět po zavodnění
4. Druhy které se přesunují níže po toku (většina ryb, někteří bezobratlí). Po zavodnění se vrací (rekolonizace)
5. Kolonizátoři nově vzniklých tůňů řek aj. vodních biotopů (vodní brouci, ploštice, komáři, pakomáři aj.)
6. Druhy specializované na přežití v době sucha (někteří plži a chrostíci)

DIVERSITA ORGANISMŮ V PODÉLNÉM PROFILU TOKU

- od pramene po proud stoupá počet druhů hmyzu a ryb.
- naopak od horního toku k dolnímu klesá počet druhů měkkýšů a korýšů.
- výsledkem kombinace těchto dvou tendencí je největší druhová diverzita na počátku střední části toku.
- Což je dáno kombinací:
 - Abio faktorů (proud, teplota, světlo, kyslík)
 - Přítomnosti živin a organických látek
 - Hrubosti substrátu a variabilitou mikrohabitátů

PODÉLNÝ PROFIL TOKU

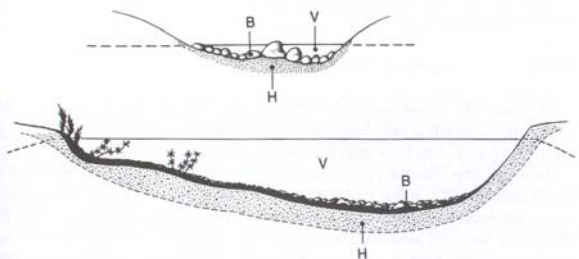


ROZDĚLENÍ VODNÍCH TOKŮ – RYBÍ PÁSMO

Charakteristika rybích pásem našich toků

Pásmo	pstruhové	lipanové	parmové	cejnové
Charakter toku	bystřina, potok	řička	řeka	řeka
Dno	kamenité	šterkovité	šterkovité, kamenité	písčité nebo bahnité
Spád	okolo 3 ‰	1.5 - 3.0 ‰	0.8 - 1.5 ‰	do 0.8 ‰
Šířka toku	do 10 m	10 - 15 m	10 - 20 m	nad 20 m
Max. teplota vody	15 - 18 °C	18 - 20 °C	18 - 22 °C	20 - 25 °C
Koncentrace O ₂	8 - 12 mg.l ⁻¹	7 - 11 mg.l ⁻¹	6 - 10 mg.l ⁻¹	5 - 8 mg.l ⁻¹
BSK ₅	do 2.2 mg.l ⁻¹ O ₂	do 3 mg.l ⁻¹ O ₂	do 3.5 mg.l ⁻¹ O ₂	do 4.5 mg.l ⁻¹ O ₂
Charakteristické druhy ryb	pstruh potoční a duhový, vranka, siven	lipan, ouklejka, mřenka, prouduň, mník, stěvele	parma, ostroretka, tloušť, podoustek, hlavatka, hrouzek	cejn, kapr, štika, sumec, candát, plotice, bolen, jesen, cejnek, okoun, ouklej

PŘÍČNÝ PROFIL HORNÍHO A DOLNÍHO ÚSEKU TOKU



36. Schéma příčného profilu horního a dolního úseku toku se základními biotopy: V volná voda, B bentál, H hyporeál (Kubíček, orig.)

Obyvatelé pramenů



Diatoma hiemale



Surirella spiralis



Batrachospermum sp.



Bythinella austriaca



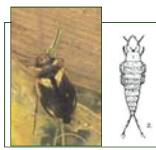
Dixa sp.



Vella sp.



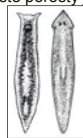
Gordius sp.



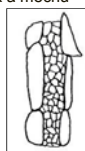
Hydroporus sp.

Pramenná stružka - obyvatelé

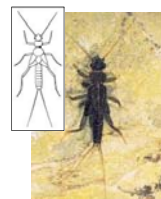
malé množství vody nedovoluje
trvalý výskyt ryb
teplota vody ovlivňovaná pramenem
husté porosty jätrovek a mečů



Planaria alpina
Dugesia gonocephala



Agapetus



Nemurella



Leuctra



Gammarus fossarum

Pstruhové pásmo

bystřina, potok s kamenitým dnem, s šířkou do 10 m spádem 3 promile
maximální teplota vody 15-17 °C
kyslík 8-12 mg/l
BSK₅ do 2 mg/l



© Miloslav Petřtýl



Miloslav Petřtýl



Miloslav Petřtýl

Pstruhové pásmo

- úseky horních toků, čisté bez org. Znečištění
- Často druhotně i pod přehradami
- rychle a silně tekoucí vody s kamenitým dnem
- nasycenost kyslíkem blízká 100 %
- teplota vody nepřesahuje 18 °C
- Organismy odolné vůči proudění
 - Řasy a rosvivky porůstají kameny
 - Rostliny s pevným stonkem
 - Bezobratlí s plochým tělem, háčky či těžší schránkou
 - ryby a válcovitým tělem či u dna: pstruh, lipan, vranka, mník,...

Lipanové pásmo

- říčka se štěrkovitokamenným dnem, šířkou 10-15 m, spádem 1,5-3 promile
- teplota 18-20 °C
- kyslík 7-11 mg/l
- BSK₅ do 3 mg/l



© Miloslav Petřtýl



© Miloslav Petřtýl



© Michel Roggo

Lipanové pásmo

- nižší úseky s menším spádem a pomalejšími pasážemi
- hlubší voda, štěrkovité až písčité dno
- teplota až ke 20 °C
- vyšší úživnost, více makrofyt
- nasycenost kyslíkem kolísavá
- bohatá fauna bezobratlých – menší boj s prouděním, jemnější substrát dna
- Lososovité ryby (pstruh, lipan, siven), proudomilné kaprovité (střevle, jelci, ...)

Parmové pásmo



© Miroslav Petříl

- Největší diverzita ryb
- meandrující řeka se štěrkovitým dnem, šířky 10-20 m, spád 0,8-1,5 promile, teplota dosahuje 18-22 °C, kyslík 6-10 mg/l, BSK5 do 3,5 mg/l



© Miroslav Petříl



© Michel Roggo

Parmové pásmo

- řeky přecházející do nížin
- většinou už vodnaté
- štěrkovité až písčité dno
- časté hlubší úseky
- meandry se začínají klikatit
- velké množství bezobratlých
- až 22 °C v létě, kyslík 6 – 10 mg/l
- Největší diverzita ryb, kdy sem částečně zasahují druhy z lipanového i cejnového pásma.
- Zvyšuje se podíl kaprovitých ryb (parma, podoustev, jelec tloušť, štika, plotice, úhoř, hrouzek, mřenka,...)

Cejnové pásmo

- pomalu tekoucí řeka s písčitým, spíš bahnitým dnem
- boční ramena, spád 8 promile, šířka nad 20 m
- teplota 20-25 °C, koncentrace kyslíku 5-8 mg/l, BSK₅ do 4,5 mg/l



© Miroslav Petříl



© Miroslav Petříl

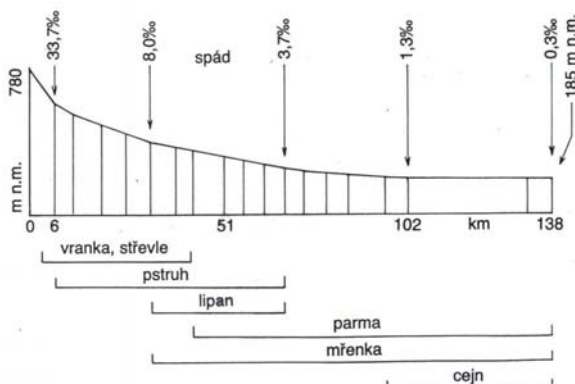


© Michel Roggo

Cejnové pásmo

- pomalu tekoucí dolní části toků
- bahnité dno s velkým množstvím sedimentu
- větší obsahy živin (eutrofizace)
- až 25 °C
- 5 mg/l kyslíku
- voda zakalená, zarostlá
- Vzplývavé rostliny (leknín, rdesno, šípatka,...)
- převažující kaprovité ryby s vyšším profilem těla: kapr, cejn, sumec, jelec tloušť, štika, plotice, úhoř, hrouzek, mřenka,...

PREFERENCE TYPU TOKU



RYBÍ PRODUKCE V NAŠICH TOCÍCH

Holčík (1981) uvádí čísla od různých autorů

- Pstruhové pásmo – 80-150 kg/ha
- Lipanové pásmo – kolem 200 kg/ha
- Parmové pásmo – asi 300 kg/ha
- **Cejnové pásmo – potenciálně až 400 kg/ha**
- Tropický veletok – v řádech tun/ha
- Pro srovnání průměrná produkce v rybnících (2007)
- **450-500 kg/ha** (situační a výhledová zpráva ryby 2008, MZe)

Osídlení volných vod v ČR = 1000 – 1500 druhů bezobratlých

- Jakou plní ve vodě funkci?
 - Ovlivňují koloběh živin (jejich přeměnu a přenos),
 - Jsou zdrojem potravy pro ryby,
 - Jsou velmi citliví na znečištění a na změnu biotopu.
- Závěr: ochrana přirozené diverzity říčních stanovišť je nezbytným předpokladem pro zachování pestré a početné hydrofauny.

Adaptace vodních organismů

ADAPTACE MORFOLOGICKÉ

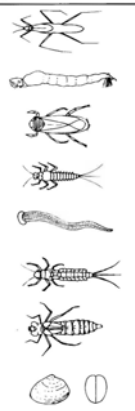
- z pohledu příjmu potravy
 - Kousání, sběr, filtrace,...
- z pohledu příjmu kyslíku
 - Tenký epitel, tracheální žábry, krevní barvivo,
- z pohledu pobytu či pohybu v proudu (substrátu)
 - zploštění těla (jepice, blešivce,...)
 - Přísavky (larvy přísavky, pijavky, plži)
 - přichytné háčky (larvy chrostíků)
 - přichytná vlákna (larvy muchničků)
 - adaptace pohybu – ploutvičky, undulace, pídalkovitý pohyb,...

ADAPTACE CHOVÁNÍ

- drift – migrace (v závislosti na proudu)
- hrabání v substrátu (v závislosti na typu substrátu)

Vodní bezobratlí a jejich adaptace

1. Bruslaři (syn. pleuston, např. bruslařka) žijí na povrchu vody a loví organismy vyskytující se na hladině
2. Plankton* (např. koretry, komáří larvy), žijící ve volně stojaté až mírně tekoucí vodě
3. Různí živočichové (např. znakoplavka, potápníci) žijící v pomalu tekoucích vodách a tůňích čerpají kyslík na vodní hladině, v případě vyrušení plavou a potápějí se
4. Plavci (např. některé jepice) se obvykle přidrží kamenů nebo vegetace, jsou také schopni přeplavat krátké úseky
5. Přidržovači (např. některé jepice, muchničky, pijavky, kamomil), jejichž morfologické a další uzpůsobení pro udržení se v rychlém proudění – zploštění těla, lepkavá vlákna, drápky, přísavky aj. – umožňuje připevnit se v rychle tekoucích tocích na podklad
6. Lezci (např. mnoho šidělek, larvy vážek, některé jepice) obývají povrch makrofyt nebo povrch jemných sedimentů
7. Špihači (např. vážky) obývají vegetaci, kořeny stromů a ve vodě ponořené větve a pohybují se po jejich povrchu
8. Hrabáči (např. červi, mlži, některé jepice, pakomáři) žijí v sedimentu, mohou ale také tunelovat chodbičky v rostlinných pletivech i dřevě



* Pozn.: V obvyklém pojetí jsou typickými představiteli planktonu perloočky a buchanky.

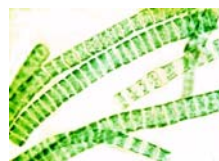
Kolonizace dna submerzní vegetací

- Sinice, řasy i mechy vytvářejí nárostová společenstva (**perifyton**)
- O jejich umístění a složení rozhodují světelné, proudové, teplotní aj. podmínky
- Výsledkem je variabilita nárůstů na různých stranách kamenů

Rozmístění řas v toku



Gomphonema roszivka



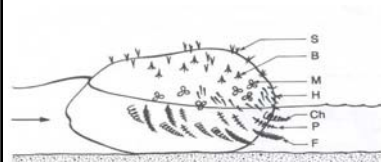
Ulothrix (kadeřnatka) – zelená vláknitá řasa



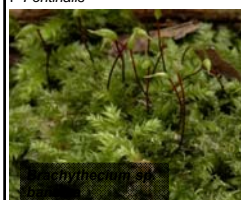
Diatoma - roszivka



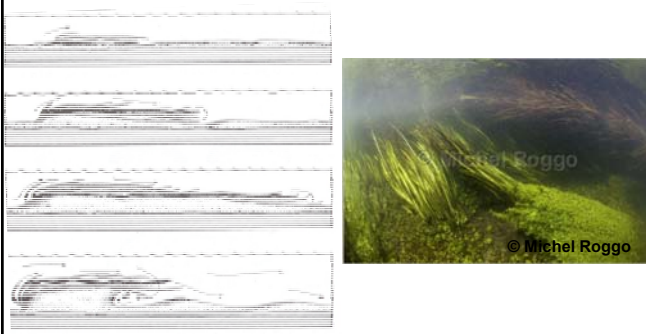
Rozmístění mechu v toku



Rozmístění řas a mechu na různě ponořených kamenech v toku: P *Platyhypnidium*, S *Schistidium*, B *Brachythecum*, M *Madotheca*, H *Hygroamblystegnum*, Ch *Chiloscyphus*, F *Fontinalis*
Zdroj: Lellák, Kubiček, 1991



Kolonizace dna submerzní vegetací



© Michel Roggo

Porůstání vodními makrofyty specificky ovlivňuje sedimentaci jemných částic

Plankton tekoucích vod

- více v místech sníženého proudění

Bakterioplankton –

- C-heterotrofní bakterie, fototrofní bakterie, chemoautotrofní bakterie

Fytoplankton –

- hlavně rozsivky (*Diatoma*, *Synedra*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Suriella*), dále sinice a zelené řasy
- proudění ho omezuje méně než zooplankton

Zooplankton –

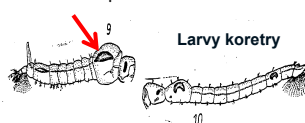
- prvoci, vířníci, buchanky i perloočky
 - někteří korýši aktivně překonávají i 3-10 m/s
 - trvalé proudění nad 50 m/s vylučuje výskyt

Plankton - osídlení

- Plankton tekoucích vod podléhá denním a sezónním změnám
 - Hořejší úseky – druhově i početně chudší
 - Spodní části toků – větší rozmanitost i biomasa
- Toky z rybníčních oblastí – mají plankton celoročně
- Existence planktonu závisí na:
 - Kvalitě a množství vody, rychlosti proudu, kolísání průtoku a struktuře společenstva

Plankton - adaptace

Vznášení pomocí bublin



Snížení specifické váhy – tukové kapénky

tvorbou různých výběžků



Tvorba rosolovitých obalů



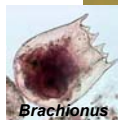
Bakterie



Sinice



Zooplankot. rotatoria



Zoop. Cladocera



Zoop. Copepoda



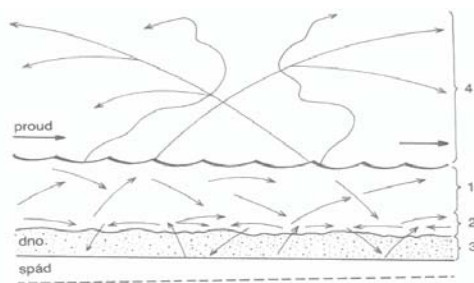
Drift (snos)

- Benthické organismy unášené vodou
 - znovu se někde zachycují na dně
 - nejsou schopné se ve volné vodě rozmnožovat
 - driftojí i cíleně
- Dělení - kvalitativní rozlišení driftu:
 - Emergentní – druhy hmyzu vylétající z vody
 - Terestrický – nálet druhů kladoucích vajíčka do vody, popř. vypláchnuté druhy
 - Katastrofický – při povodních či otravách - příliv druhů z ledových dřenic, přívalových vod, otrav, při pracích v korytě apod.
- Všechny unášené částice včetně neživých označovány jako **seston** (snos)

Drift tekoucích vod

- Je součástí osídlovacího (kolonizačního) koloběhu
- Jeho velikostní skladba a driftové fáze jsou ovlivňovány predačním tlakem ryb
- Byl prokázán u většiny bentických organismů
- Je významným stabilizačním faktorem při osídlování vodního prostředí
- Je kompenzován výletem imag proti proudu toků a pozitivní reotaxí u permanentních zástupců

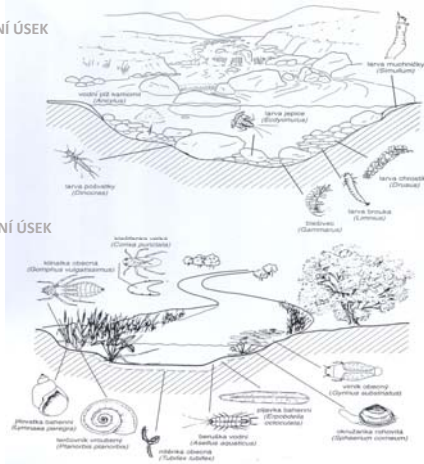
Schéma pohybu vodních organismů (drift)



37. Schéma pohybu vodních organismů v rámci osídlovacího koloběhu podle současných znalostí o vztazích v říčním ekosystému: 1 poproudový snos (drift) vodou, 2 poproudové a protiproudové přesuny živočichů po dně, 3 migrace živočichů mezi bentálem a hyporeálem, 4 vzdušná část kolonizace - poproudové, protiproudové a různosměrné výlety vodního hmyzu (Kubíček, 1978)

Živočiškové mikrobiotopů

HORNÍ ÚSEK



Prostorové uspořádání skupin

DOLNÍ ÚSEK

(Reasobratel živočiškové mikrobiotopy) (I) vysočinových řek, upraveno ze zdroje Hynes (1975); (II) nížinných řek (ze ženského překlady upravení Kubíček)

Zoobentos

- organismy vázané trvale nebo dočasně na pevný substrát
- využívá mikrobiotopy vytvářené nárosty, vegetací
- **MIKROZOOBENTOS**
- Bakterie *Sphaerotilus* (Silně znečištěné toky)
- Mikroorganismy dna, převážně bakterie, houby, prvoci, které jsou důležitým zdrojem živin a potravy pro další vodní organismy
- Tato složka je **významnou součástí samočišticích procesů**



houba *Leptomitium*

Zoobentos

- Rozdělení - podle převládajícího charakteru dna:
- (Evropská škola - Žadin, 1940)
- **litoreofilní** - zoocenózy kamenitého či skalnatého podkladu
- **fytoofilní** - zoocenózy vegetace
- **psammofilní** - zoocenózy písku
- **pelloreofilní** - zoocenózy bahničitých sedimentů
- **argiloreofilní** - zoocenózy hlinitých břehů či náplavů

Zoobentos

- Dělení podle vzájemného poměru základních potravních skupin říční zoocenózy:
- (podle angloamerických hydrobiologů)
- **Drtiči** (shredders) - kouskují větší části biomasy
Jepice, pošvatky, vážky
- **Sběrači** (collectors) - vycytávají a filtrují potravní částice
ještě další podskupiny (filtrující, spirající detritus) *dvójkrídli*
- **Škrabači** (scrapers) - sbírají potravu z povrchu podkladu
(vodní plži)
- **Spásáči** (grazers) - dtto - jako škrabači
(vodní plži)

Zoobentos litoreofilní

- Jepice a pošvatky
- Muchničky
- Chrostíci
- Příšalky
- Pakomáři



Svrchní část kamenů

konzumenti vrchních nárůstů
a potravy z volné vody

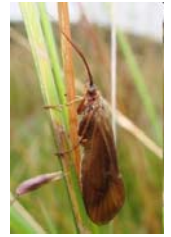
Chrostíci



Brachycentrus



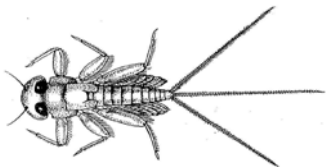
Anabolia nervosa



Svrchní část kamenů



Nákres proudění vody kolem těla jepice, demonstrující hydrodynamický tvar těla



Svrchní část kamenů

muchničky (*Simuliidae*) plži (*Ancylus*)



Přichycení k podkladu



Spodní část kamenů

často fotofobní reakce



Spodní část kamenů



Zoobentos psammoreofilní

většinou druhově velmi chudý biotop

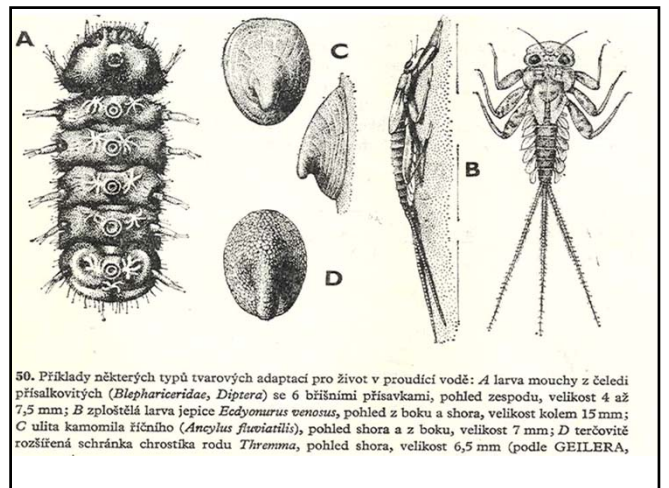


Zoobentos pelloreofilní



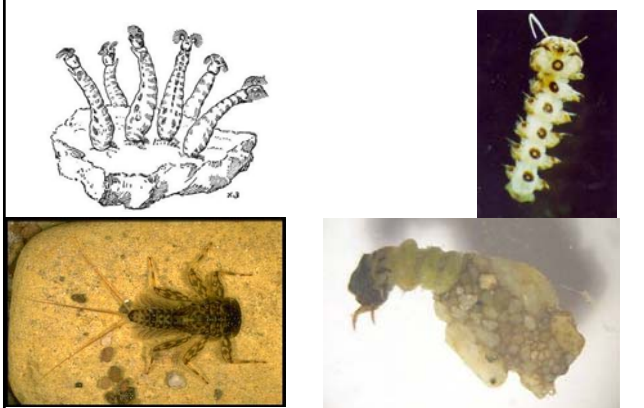
Přizpůsobení silnému proudění

- přísavky – zvláštní orgány nebo přeměny žaber, ploutví
- upevňovací vlákna, lepkavé slizy
- u živočichů většinou vyvinuta silná **pozitivní reotaxe** - pohyb proti proudu
- dobré čichové chemoreceptory - vyhledávání
- potravu podle pachových stop přinášejících vodou



50. Příkladů některých typů tvarových adaptací pro život v proudící vodě: A larva mouchy z čeledi přísalkovitých (*Blephariceridae*, *Diptera*) se 6 břišními přísavkami, pohled zespodu, velikost 4 až 7,5 mm; B zploštělá larva jepice *Ecdyonurus venosus*, pohled z boku a shora, velikost kolem 15 mm; C ulita kamomila říčního (*Ancylus fluviatilis*), pohled shora a z boku, velikost 7 mm; D terčovité rozšířené schránka chrostika rodu *Thremma*, pohled shora, velikost 6,5 mm (podle GEILERA,

ZOOBENTOS - ADAPTACE



- Organismy ukryvající se pod kameny
- Blešivci jsou laterálně zploštělí a pohybují se po boku
- Berušky jsou shora zploštělé

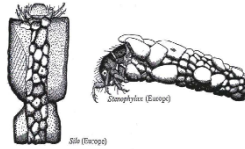


LARVY CHROSTÍKŮ (TRICHOPTERA)

- dravé larvy si tkají nálevkovité sítě, které vedou částice unášené proudem k jejich ústům
- nebo používají vláken jen k pohybu postupným přichycováním – chrostík *Rhyacophila*
- larvy živící se detritem nebo oškrabováním nárostů si budují schránky, které jim dovolují vzdorovat proudu a přiměřeně se i se schránkou pohybovat – zatížené kaménky či pískem



- Hákovité pošinky umožňují chrostíkům zakotvení v podkladu.



- Schránky, které jim dovolují vzdorovat proudu a přiměřeně se i se schránkou pohybovat – zatížené kaménky či pískem.

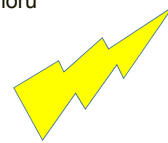
RACI – DECAPODA

Signální živočišné kvality vod

Dnes u nás ve volnosti žije 5 druhů raků, z toho 2 původní

- *Astacus astacus* (rak říční) **původní v ČR, chráněný druh**
- *Austropotamobius torrentium* (rak kamenáč) **původní v ČR, chráněný druh**
- *Astacus leptodactylus* (rak bahenní) – **původní v Evropě (nikoliv v ČR), chráněný druh**
- *Orconectes limosus* (rak pruhovaný)
- *Pacifastacus leniusculus* (rak signální)

Konkurence původních a introdukovaných druhů
Infekce račeho moru



Krabi (Brachyura)

- Zkrácený zadeček, sklopený pod hrud'
- krab čínský /vlnoklepetý/ (*Eriocheir sinensis*).

- Rozšířil se proti proudu a osídlil dolní tok Labe i Vltavy. Rozmnožuje se jen v brakické vodě. Mladí krabi putují proti proudu řek, kde dospívají a vracejí se zpět do moře.



NEKTON

- Skupina živočichů volné vody schopná překonávat i silné proudění vody
- výskyt závislý nejen na rychlosti vody, ale i dostatku úkrytů, překážkách v šíření, kolísání průtoků
- Patří sem hlavně ryby, mihule, obojživelníci či plazi

RYBOVITÍ OBRATLOVCI

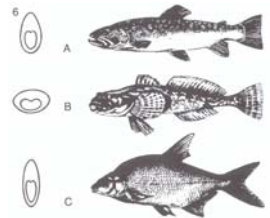
- Nejpokročilejší morfo/fyziologické adaptace
- Tvar těla, přísavky z ploutví, postavení úst, ne/přítomnost plynového měchýře
- Přizpůsobení na:
 - teplotu vody
 - koncentraci kyslíku
 - obsah solí aj.

RYBY - MORFOLOGICKÉ ADAPTACE

Tvar těla –

odpovídá proudovým poměrům

- A) pstruh – reofilní typ,
- B) vranka – typ pro dno tekoucích vod
- C) cejn - zploštělý tvar těla (stožaté, pomalu tekoucí vody)



UKÁZKA BĚŽNÝCH DRUHŮ VIZ CVIČENÍ

RYBY – ADAPTACE NA PROUD

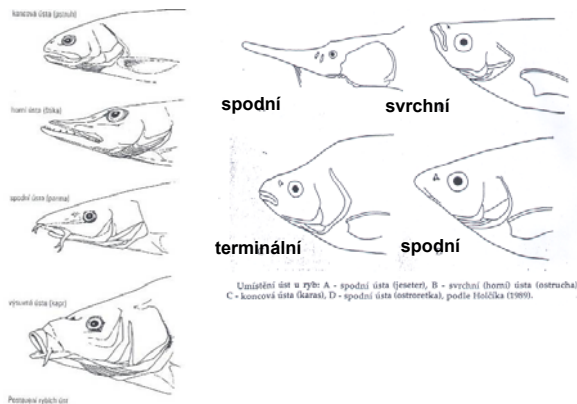
- Tvarem těla - protáhlé válcovité tělo proudnicového tvaru, se silnou schopností plavat proti proudu (**pstruh, střevele**)
- ukrývání se mezi kameny (**vranka**)
- tvorbou přísavek (**hlaváči**)



© Miloslav Petrtyl



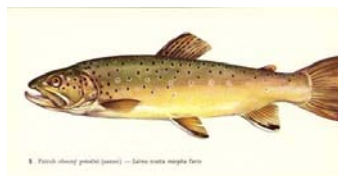
RYBY – POSTAVENÍ TLAMY



RYBY – FYZIOLOGICKÉ ADAPTACE

Různé nároky na:

- Teplotu vody
- Obsah kyslíku
- Koncentraci solí ve vodě

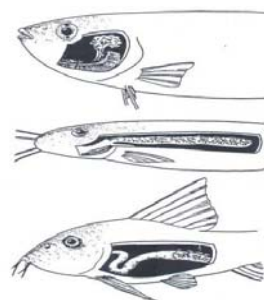


8. Pstruh obecní (pstruh) – Salmo trutta melliger (Lac.)



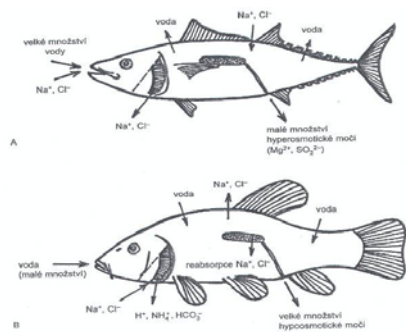
8. Karp obecní – Carassius auratus

FYZIOLOGICKÉ ADAPTACE – DÝCHÁNÍ



Příklady pomocných dýchacích orgánů u ryby: nahofe - labrynt labyrintek, uprostřed - vzduchový vak pakerickovce, dole - střevo pancéřnícka.

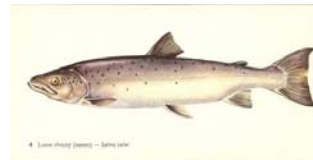
FYZIOLOGICKÉ ADAPTACE – OBSAH SOLÍ



Obr. 55. Schéma osmoregulace ryb
A – mořské ryby, B – sladkovodní ryby

Mořské vs sladkovodní ryby

FYZIOLOGICKÉ ADAPTACE – OBSAH SOLÍ



Zástupci migrujících druhů schopných měnit sladkovodní a mořské prostředí.



RYBY NÁROKY NA KYSLÍK

1. pstruh, siven, vranka, střevle optimum **7 - 11 mg/l**
pod 3 mg dušení
 2. lipan, tloušť, ostroretka, mník, hrouzek **5 - 7 mg/l**
pod 2 mg dušení
 3. plotice okoun, ježdík **4 mg/l**
 4. kapr, lín snáší dočasně kolem **1 mg/l**
- anaerobní metabolismus karase, nouzová dýchání, piskoř střevem
 - podlimitní koncentrace dušení, nouzové dýchání
 - s nárůstem teploty se spotřeba kyslíku zvyšuje (množství kyslíku ve vodě spíše snižuje!!)

DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

BIOLOGICKÁ PRODUKTIVITA VOD

HYDROBIOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtýl
<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

Produktivita a produkce
Vztahy v populacích
Trofické vztahy
Trofické stupně, jejich
charakteristika
Eutrofizace



© Miloslav Petrtýl

BIOLOGICKÁ PRODUKTIVITA VOD

V biosféře probíhá biogenní forma pohybu látek a energie uskutečňovaná metabolickou aktivitou všech organismů - **produkční hydrobiologie**

Producenti

- a) **Foto-autotrofní** organismy syntetizující z anorganických látek látky organické za použití radiální energie slunce (**VĚTŠINA!!**).
- b) Chemo-autotrofní organismy využívající chemické energie

Konzumenti

Heterotrofní organismy (všichni živočichové a saprofytické a parazitické rostliny) - látky a energii získávají z organické hmoty.

Destruenti

Energii získávají rozkladem mrtvé organické hmoty až na anorganické sloučeniny (houby, bakterie aj.).

Produktivita a produkce

Produktivita (biologická)

- Je schopnost (kvalita) určité biocenózy produkovat organickou hmotu ve formě biomasy organismů za jednotku času (rychlost jak vzniká produkce - den)

Produkce

- Je množství (kvantita) organické hmoty vytvořené za jednotku času na určité ploše
- Zemědělci a rybáři využívají tento termín k vyjádření něčeho co mohou v určitém časovém intervalu sklídit nebo ulovit (rok)

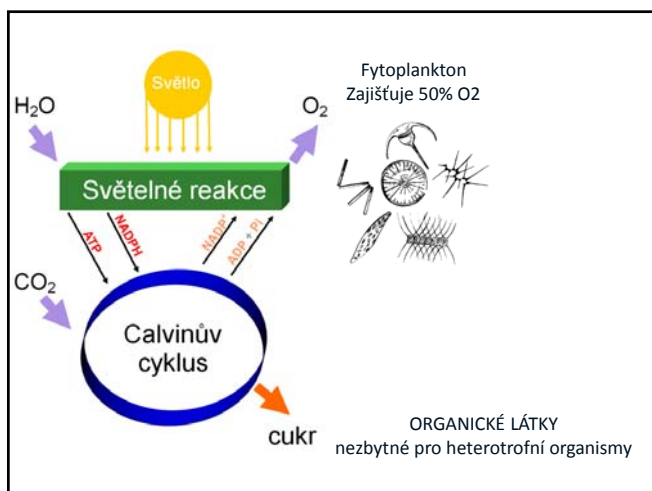
Zařazení organismů do článků potravního řetězce

- Primární producenti (autotrofové - rostliny) - fotosyntéza
- Konzumenti I. řádu - jsou zastoupeni býložravci (planktonními korýši, larvami pakomárů, jepic, plži, ale i býložravými rybami)
- Konzumenti II. řádu - jsou to např. ryby živící se zooplanktonem a zoobentosem
- Predátoři - Dravé ryby, ptáci, savci - patří k vrcholovému článku potravní pyramidy ve vodě

A) Primární produkce - PP

- Je podmíněna fotosyntézou - činností autotrofních organismů.
- Jejich množství je dáno množstvím dostupných živin v systému.
- Produktem je biomasa vytvořená za jednotku ploše nebo objemu ve formě organické hmoty potravního řetězce.





SPECIFICKÉ AUTOTROFNÍ ORG.

„Na světle nezávislé ekosystémy“

Chemoautotrofní organismy, které jsou schopné namísto energie ze slunečního záření využívat energii z chemických vazeb

Hlubokomořské dno:

anorganické látky + geotermální energie - chemosyntéza

Proteobakterie – *Sulfurovum sp.*, *Nitratiruptor sp.*

Na 300 popsanych druhů organismů

Primární produkce - rozdělení

- Hrubá (brutto) primární produkce (BPP)
 - Veškerá organická hmota vytvořená producenty za časovou jednotku (sem patří i krytí vlastních metabolických procesů)
 - = teoretická produkce
- Čistá (netto) primární produkce (NPP)
 - Hrubá produkce zmenšená o vlastní metabolickou potřebu producentů
 - = dá se změřit a je k dispozici pro další články potravního řetězce

Primární produkce - odhady

EKOSYSTÉM	Gramy org. hmoty na m ² /rok
Tropický les	2200
Les mírného pásu	800
Pouště, polopouště, ledovce	3-90
Bažiny a mokřady	2000
Jezera	250
Otevřený oceán	125-180
Kontinentální šelf	350-500

Zdroj: Whittaker, R.H. 1975. Communities and Ecosystems, Ed. 2. New York, Macmillan Publ. Co. 385pp.

Primární produkce – její měření

1. Metoda sklizně
2. Kyslíková metoda
3. Stanovení Pp pomocí ¹⁴C (radioizotopová metoda)
4. Metoda stanovení chlorofylu a

Metoda sklizně

- Uplatňuje se při studiu vyšších rostlin (tvrdé vegetace, měkké plovoucí a ponořené flory)
- Na vybraných místech se odebírají vzorky rostlin (nejčastěji z 1 m²), ty se suší do konstantní hmotnosti a vyjadřují v biomase v g/m²/rok
- 1 g sušiny odpovídá v průměru ekvivalentu 17 kJ
- Metoda není zcela přesná, ale udává nám čistou produkci

Metoda sklizně

- Maximální biomasa je obvykle v době květu
- Problémy:
 - Nelze odhadnout množství zkonsumované a rozložené biomasy mezi jednotlivými odběry
 - Velmi těžké je odebrání kořenové části u některých rostlin
 - Problematický je i odhad ztrát energie na vlastní respiraci a metabolismus

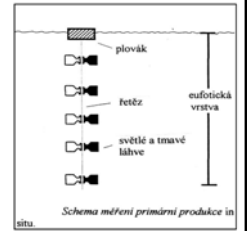
Kyslíková metoda

Tzv. „metoda světlých a tmavých lahví“

Je založená na měření množství kyslíku

- Vzorky vody jsou exponovány v párech světlých a tmavých lahvích v sériích od hladiny až po dvojnásobek průhlednosti vody
- Ve **světlé láhvi** – fotosyntéza a dýchání
- V **tmavé láhvi** – jen respirace (dýchání)

- Doba expozice: 24 hod.
- Start: kolem západu slunce



Kyslíková metoda měření, výhody a nevýhody

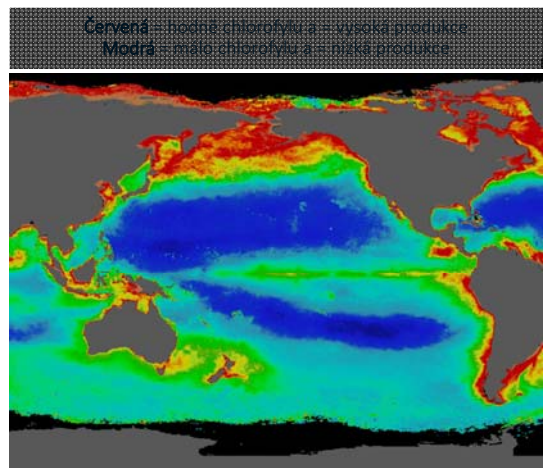
- Rozdíl koncentrace O_2 před expozicí a po expozici ve světlé lahvi = čistá PP
- Rozdíl koncentrací O_2 ve světlé a tmavé lahvi udává hrubou (brutto) produkci
- Čistá PP se pohybuje zhruba mezi 50 - 70 % hrubé produkce
 - 1 g vyprodukovaného O_2 odpovídá v průměru 0,73 g organické hmoty (bez popelovin) = 14,7 kJ
- Výhody: jednoduchost metody
- Nevýhody: nízká citlivost

Radioizotopová metoda

- Vhodná pro:
 - oligotrofní vody, oceánologii, laboratorní experimenty
 - 50 - 100x citlivější než kyslíková metoda, ale technicky náročná
- Vychází z kvantifikace asimilace značeného biogenního prvku vodními organismy
- Nejčastěji se používá izotop ^{14}C (ve formě $Na_2^{14}CO_3$)

Metoda stanovení chlorofylu a

- Obsah chlorofylu a v biomase řas se mění v závislosti na:
 - Světelném záření
 - Taxonomickém složení fytoplanktonu
 - Denním režimu
- Proto je odhad biomasy na základě stanovení chlorofylu pouze přibližný
- V současné době máme nejvíce informací o fytoplanktonu ve formě údajů o množství chlorofylu a
- Tyto údaje jsou zároveň hrubým vodítkem o postavení nádrže na škále:
- oligotrofnie ---- eutrofnie



Závislost PP na faktorech prostředí

- Vliv světla a teploty
 - Se stoupajícím množstvím světla roste i fotosyntéza až do světelného optima
 - Při stoupající teplotě se zvyšuje i hladina světelného optima
 - Uplatňuje se i kvalitativní složení primárních producentů a selektivní absorpce světla
- Fytoplankton má vysokou přizpůsobivost k různé teplotě vody

B) Sekundární produkce konzumenti I. - II. řádu

zooplankton a zoobentos

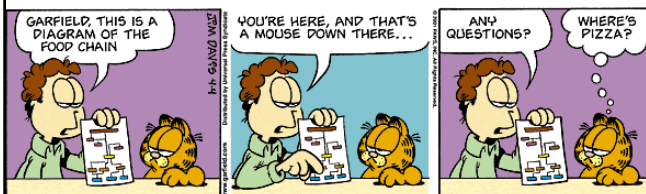
- Jejich produkci měříme na úrovni kvantifikace populací různých druhů
- Výběr metod je ovlivňován způsobem života sledované populace a vyjadřuje se často (pro rybářskou potřebu) v biomase živočichů na jednotku plochy nebo kubaturu vody
- Byl zjištěn lineární vztah mezi produkcí ryb a biomasou zooplanktonu. Celkem asi $\frac{1}{2}$ až $\frac{3}{4}$ kolísání rybí produkce lze vysvětlit kolísáním průměrné biomasy zooplanktonu
- U zoobentosu nebyl tento vztah statisticky prokázán

C) Terciární produkce konzumenti III. řádu

Z rybářského hlediska - ryby

- Z ekologického hlediska ovšem ryby tvoří terciární konzumenty zařazené do sekundární produkce
- Všeobecně pro sladkovodní systémy platí že "vrcholný (terminální) článek potravních řetězců nebo sítí je rybí obsádka"
- Produkce ryb je závislá na obsádce (množství, druhová struktura)
- Významný je poměr nedravé a dravé ryby. Orientačně se doporučuje poměr v rozmezí 3:1 – 6:1 Důležitá je též ročníková struktura a biomasa dravců.

Ekologické vztahy (potravní sítě – food web)



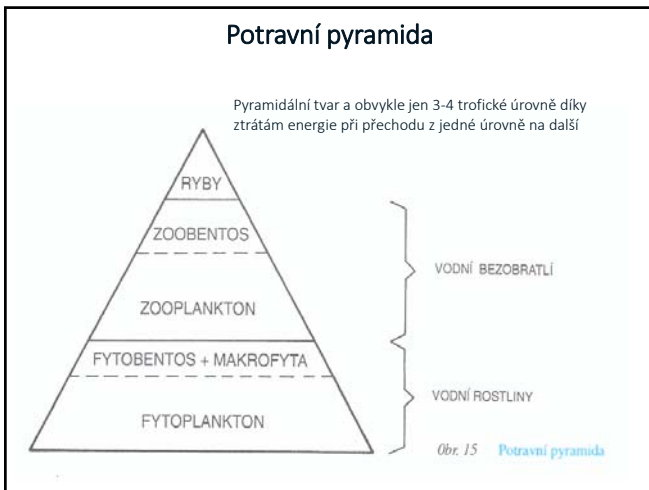
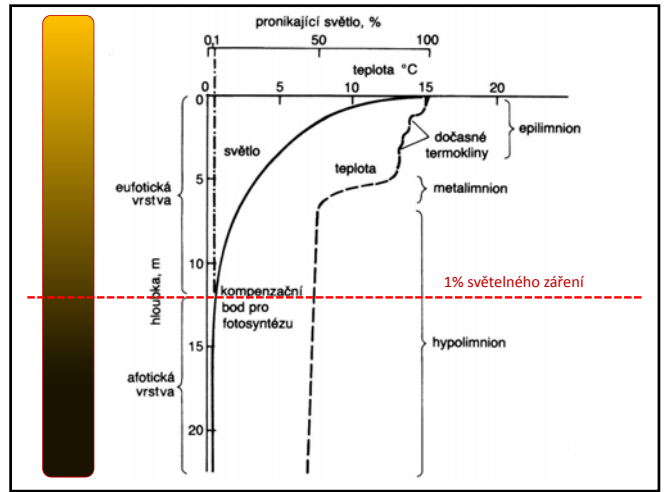
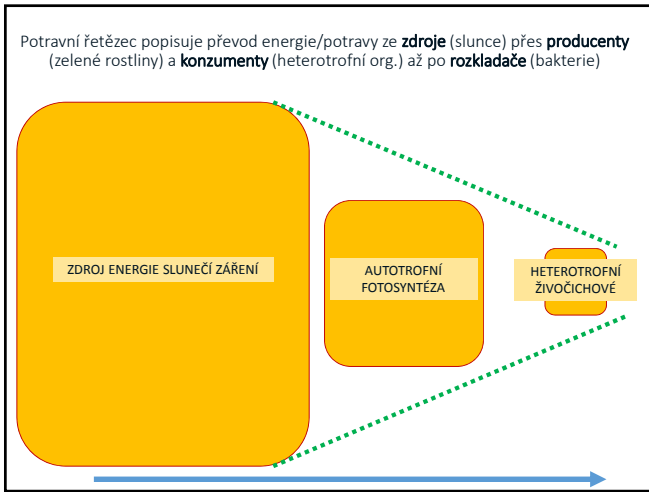
Potravní sítě jsou důležitým nástrojem pro ilustraci vzájemných vztahů mezi organismy v systému. Odhalují druhy interakcí a strukturu společenství sloužící k pochopení dynamiky přenosu energie v ekosystému.

POTRAVA A TROFICKÉ VZTAHY

viz předchozí přednášky

- planktonofágové
- bentofágové
- dravci
- kanibalismus
- omnivoři x potravní specialisté
- hejnový x individuální typ chování
- Teritorialita -- hierarchie a dominance (sociální vazby)

- většina ryb polyfágních (velmi široké spektrum, př. tlušť)
- dravci (ryby, žáby, hlodavci)
 - štika, candát, sumec, dále i mník, úhoř, bolen
 - biomeliorační funkce, snižování počtu nevhodných ryb
- bentofágové
 - parma, jeseter, hrouzek, kapr, karas, (cejn)
- zooplanktonofágové
 - plotice, ouklej, tolstolobec, síhové, mladí kapři
- nálet
 - ostrucha, lipan, také jinak draví pstruzi
- potravní specialisté:
 - ostretka epilíton, perifyton
 - perlín a amur makroherbivorní
 - tolstolobik fytoplankton

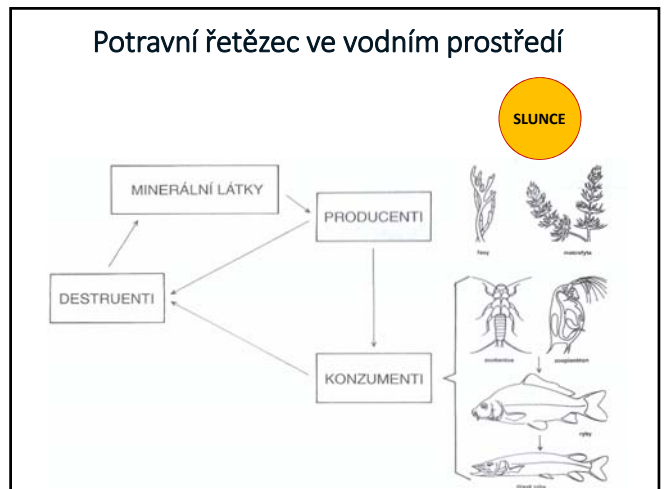
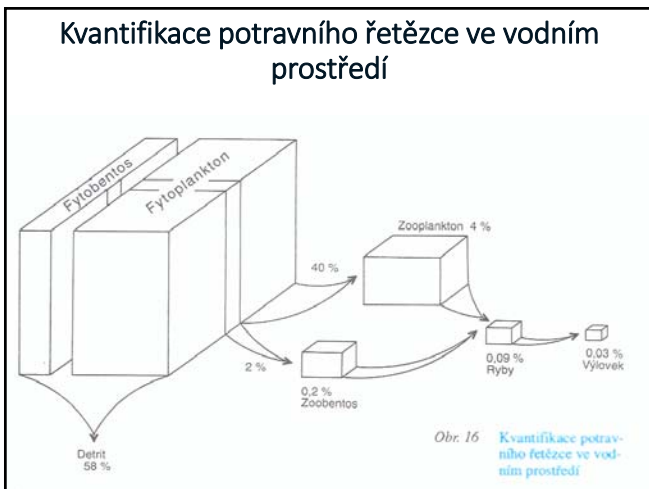


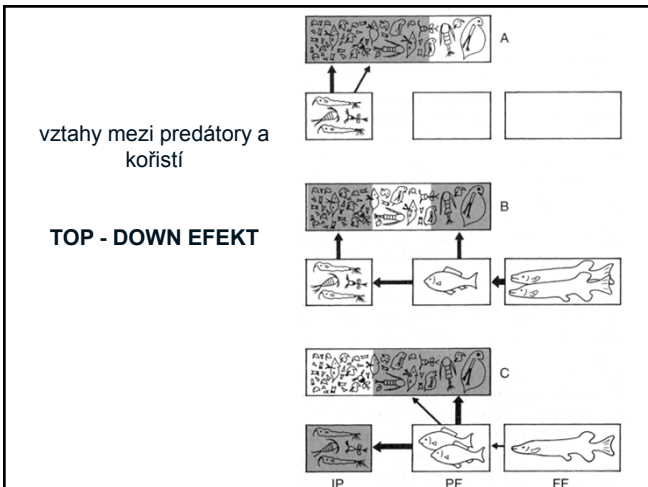
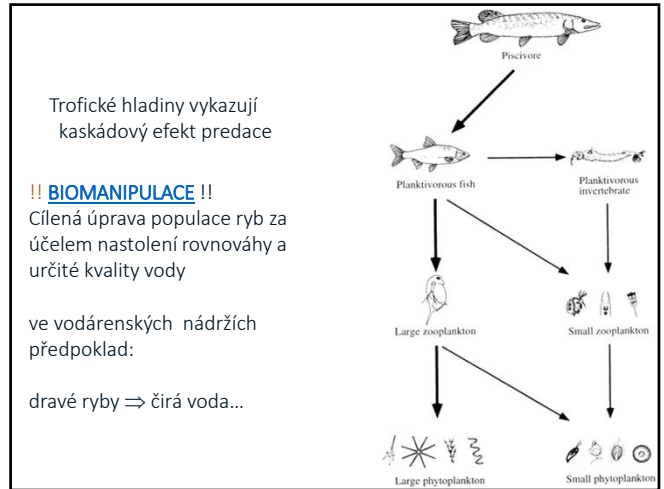
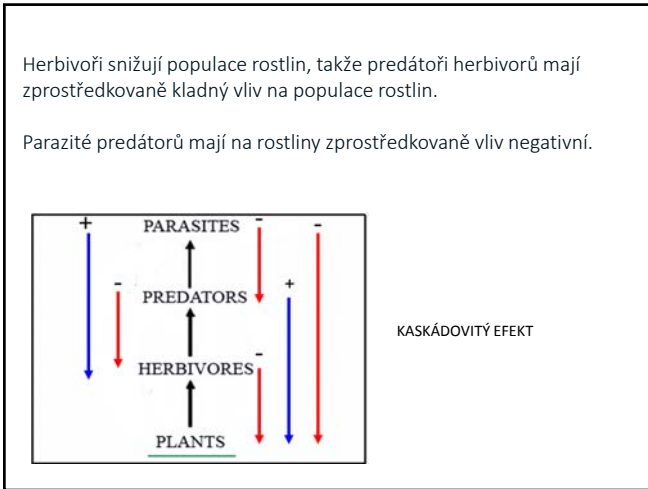
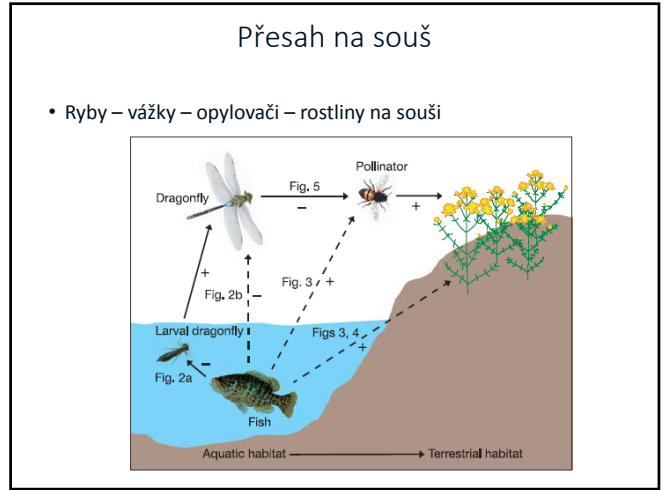
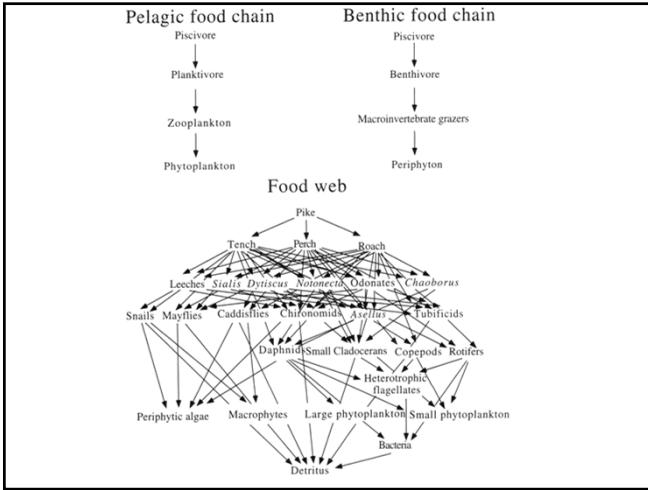
Účinnost převodu energie na terminální článek

Kvantitativní vztahy v biocenózách jsou vyjadřovány trofickými pyramidami

Laboratorní pokusy
100 % fytoplankton – 30 % zooplankton – 10 % bentos – 3 % ryby

Obecné schéma podle Adámka (1995)
na 1 kg ryb je třeba - asi 10 kg zooplanktonu -
a 100 kg fytoplanktonu (pouze přibližně)





HERBIVOŘI

Filtrátoři (filter-feeders)

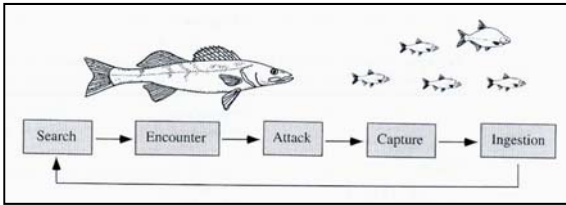
- planktonní: perloočky, klanonožci, vířníci, nálevníci a
- bentické: škeble, larvy hmyzu

Spásáči

- škrabači (scrapers), ožirači (grazers)
- kouskovači, drtiči (shredders)

Pohlcovači (raptorial-feeders) – klanonožci
Konzumenti makrofyt (spásáči vegetace)
ve vodách omezeně – např. plovatky *Lymnea*, amur, kachny, hlodavci (ondatra)

PREDÁTOŘI

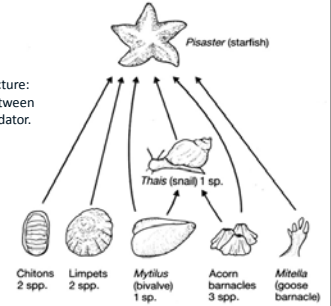


Dva typy strategií predátorů:

- 1) útok na kořist až pokud se vyskytne, málo energeticky náročné a potřeba zručnosti k efektivnímu lovu
- 2) aktivní vyhledávání – náročnější na energii a nižší úspěšnost v lovu

Odstranění vrcholového predátora

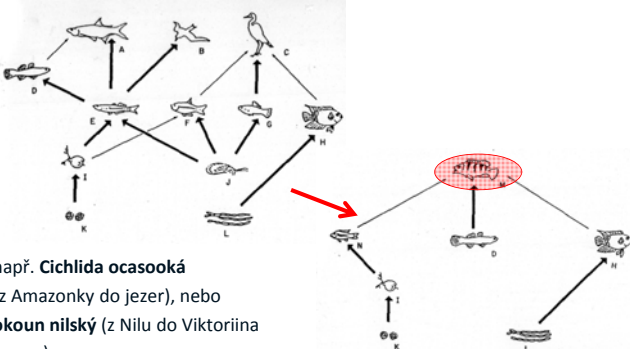
- Predátor udržuje kompetující druhy na únosné úrovni, pokud tato regulace zmizí převládne jeden z kompetujících a ostatní zmizí – ztráta diversity. Při pokusu s odstraněním dravé hvězdičky došlo na skalnaté pobřežní zóně k drastickému úbytku druhů



Paine, R. T. 1974. Intertidal community structure: experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. [Oecologia](#) 15:93-120

INTRODUKCE VRCHOLOVÉHO PREDÁTORA

Může dojít ke zjednodušení potravní sítě



např. *Cichlida ocaooká* (z Amazonky do jezer), nebo *okoun nilský* (z Nilu do Viktoriina Jezera)

OBRANA PROTI PREDACI

Primární obrana – před útokem predátora, snížit pravděpodobnost útoku

Sekundární obrana – po střetu s predátorem, zvýšit pravděpodobnost přežití

STRATEGIE A TAKTIKA V OBRANĚ KOŘISTI

Ve vodním prostředí pozoruhodně složitá

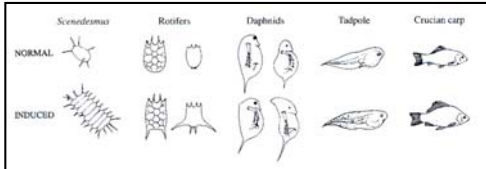
- Migrace perlooček (energ. náročné)
 - ukryvání se v jezerních hlubinách (před rybami)
 - migrace k hladině za dostatkem potravy fytoplanktonu
 - pouze voda s rybími kairomony, v nepřítomnosti ryb u hladiny stále (experimentálně prokázáno)
- Zmenšení velikosti
 - perloočky žijící ve vodě, ve které jsou ryby (kairomony), dospívají při menší velikosti, mají menší potomstvo a stačí se rozmnožit dříve než dorostou do pozornosti ryb
 - mají však konkurenční nevýhody, jak v malé velikosti, tak v produkci méně životaschopných mláďat
 - proti malým predátorům mohou zvětšovat velikost

KAIROMONY

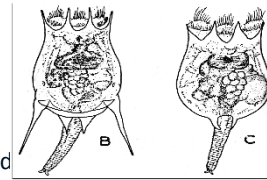
- látky vylučované jako odpadní produkty metabolismu – jsou druhově specifické – a tyto chemické stopy ve vodě na kořist působí jako „hormony“ - mění chování i vzhled kořisti (často až u potomstva)

INVESTICE DO STRUKTUR SLOUŽÍCÍCH OBRANĚ

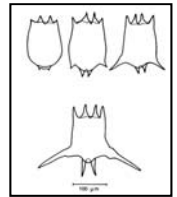
- Planktonní bezobratlí produkují proti drobným predátorům (buchankám, dravým vířníkům, dravým perloočkám, larvám hmyzu) různé obranné struktury (úpravy povrchu těla a schránek ve tvaru trnů, ostnů)
- Tyto energeticky nákladné úpravy mají smysl jen za přítomnosti predátorů, samice žijící ve vodě s obsahem příslušného kairomonu produkují potomstvo vybavené obrannými strukturami, které zvyšují pravděpodobnost přežití
- Dnes prokázána řada modifikací různých druhů



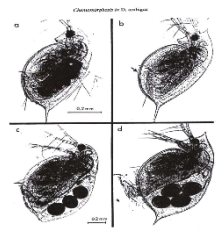
vířník *Brachionus calyciflorus* ve vodě s kairomony dravého vířníka *Asplanchna* produkuje potomky s prodlouženými trny a navíc s párem kloubnatých napřímitelných trnů – ty brání uchopení a spolknutí



různé d
trny, výběžky
dalšími predátory jsou buchanky



- Významným predátorem v planktonu jsou dravé larvy koretry - *Chaoborus* - jsou snadnou kořistí ryb, proto někde výskyt hojný a jinde ne
 - perloočky se brání ostny na hlavě či carapaxu, zvětšením hlavového štítu
 - totéž proti znakoplavkám apod.
- trny
 - 1) na hlavě, které larvám
 - znesnadňují ulovení
 - 2) skupiny trnů v týle hlavového štítu, které brání rozlomení carapaxu



ROZDÍL PREDACE A HERBIVORIE

vodní herbivoři jsou funkčně predátoři (konzumují celé rostlinné organismy)

rozdíl mezi predací a herbivorií je však v selektivitě a velikosti kořisti

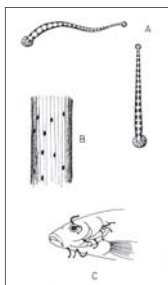
Kontrolují populační dynamiku a strukturu společenstva

1. Letální vliv – kontrola populace kořisti (někdy lokální vymizení)
2. Změna v chování kořisti (využití habitatu, vzorce aktivity)
3. Adaptace proti predaci – ochranný krunýř, toxické chemikálie, změny v chování

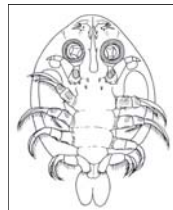


PARAZITÉ

příklady



Piscicola geometra
chobotnatka rybí



Argulus (kapřivec)

SYMBIONTI



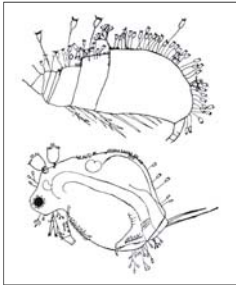
Symbióza houby *Spongilla* sp. s řasou rodu *Chlorella*

Nezmaň *Hydra viridis* a řasy *Chlorella*

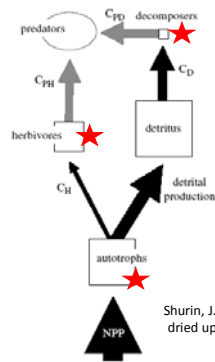


KOMENZÁLOVÉ

epizoické
organismy

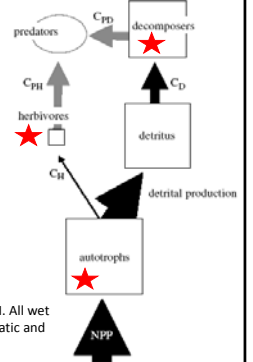


Voda



Shurin, J. B., Gruner, D. S. & Hillebrand, H. All wet dried up? Real differences between aquatic and terrestrial food webs.

Souš



DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>

 Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Biomonitoring & Implementace Rámcové směrnice o vodách



Pavel Horký
25. listopadu 2015

Pavel.Horky.R@gmail.com

Struktura přednášky

I Biomonitoring

1. Základy biomonitoringu
2. Metody

II Implementace Rámcové směrnice o vodách

1. Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách
2. Český multimetrický index hodnocení ekologického stavu pomoci ryb (CZI)
3. Interkalibrace biologické složky ryby
4. Dopady Rámcové směrnice o vodách na rybářské hospodaření

Struktura přednášky

I Biomonitoring

1. Základy biomonitoringu
2. Metody

Cíle biomonitoringu

Biomonitoring slouží k popisu stavu a vývoje jednotlivých druhů, jejich společenstev a celých ekosystémů. Získané informace mohou být následně použité jako indikátory ekologického stavu hodnoceného prostředí.



Postup

Kvalita informace získané pomocí monitoringu závisí na dodržení správného postupu.

Základní body postupu při monitoringu

- stanovení cíle
- výběr vhodného organismu / společenstva
- aplikace adekvátní a ověřené metody
- výběr reprezentativního monitorovacího místa
- zohlednění aktuálních podmínek při monitoringu
- precizní vyhodnocení



Pro využitelnost dat z monitoringu je klíčová jejich vzájemná porovnatelnost. Je proto nezbytné striktně dodržet doporučený postup a maximálně ho standardizovat.

Struktura přednášky

I Biomonitoring

1. Základy biomonitoringu
2. Metody

Saprobity

Saprobity stanovuje znečištění vody způsobené rozložitelnými organickými látkami pomocí zastoupení jednotlivých druhů ve společenstvu.

- *nejjednodušší a nejběžnější metoda*
- *nejčastěji se hodnotí pomocí makrozoobentosu*

Saprobni index

- určuje saprobitu prostředí
- vážený průměr saprobních indexů jednotlivých živočichů a jejich množství zjištěných ve společenstvu

$$S = \sum s_i \cdot h_i / \sum h_i$$

S – saprobní index organismu (**znám, nebo převzemu z metodiky**) je to číselné vyjádření pro saprobitu dané biocenózy, stanovenou podle systému saprobií

h – abundance organismu
Vypovídá o rozšíření určitého organismu podle stupně saprobity

I – indikační hodnota organismu
Vyjadřuje číselně zda je organismus výborný (5-4), střední (3), nebo špatný (2-1) indikátor saprobity

Saprobity

Saprobity stanovuje znečištění vody způsobené rozložitelnými organickými látkami pomocí zastoupení jednotlivých druhů ve společenstvu.

- *nejjednodušší a nejběžnější metoda*
- *nejčastěji se hodnotí pomocí makrozoobentosu*

Saprobni index

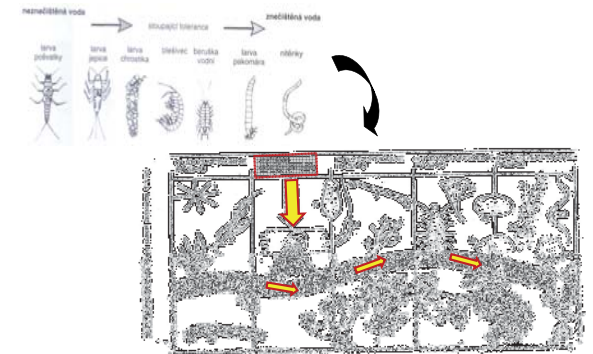
- původně jeden stupeň saprobity pro jeden druh
- dnes zohlednění valence a indikační váhy druhu



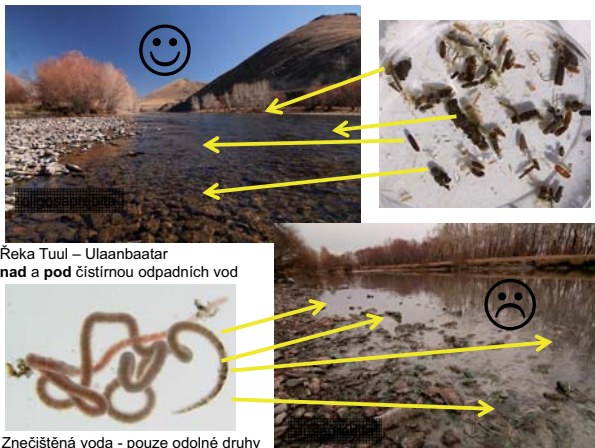
Příklad saprobní valence krásnoočka - Euzlena



Saprobity



Jednotlivé druhy odrážejí stupeň saprobity (znečištění)



Řeka Tuul – Ulaanbaatar nad a pod čistinou odpadních vod

Znečištěná voda - pouze odolné druhy

Saprobity - souhrn

- nejzákladnější metoda hodnocení kvality vody s důrazem na organické znečištění (zejména střední Evropa)
- zahrnuje široké rozpětí taxonů a společenstev a je proto aplikovatelný na všechny typy potoků a řek a všechna společenstva
- je zaměřen pouze na hodnocení organického znečištění ale výskyt organismů je ovlivňován i jinými faktory, než je znečištění vody hnilobnými látkami, které ovlivňují kyslíkový režim...
- je čistě empirický – a různé taxony v různých systémech mají jiný index

Makrozoobentos

Ekologický stav je hodnocen pomocí společenstev makrozoobentosu, ryb, fytoplanktonu, fytobentosu a makrofyt.

Makrozoobentos

Výhody:

- *nejběžnější metoda* – srovnatelnost, propracovanost
- velká druhová *pestrost* a *početnost* prakticky ve všech sladkovodních biotopech
- životní cyklus většiny delší než 6 měsíců, poskytuje přehled o průběžných, nejen okamžitých podmínkách, proto odráží široké spektrum působících vlivů
- kvalitativní vzorkování na úrovni čeledi je relativně jednoduché, nenákladné a poskytuje dobré informace o kvalitě vody, větší omezení má pro posouzení z hlediska přirozeného vývoje
 - u mnoha druhů je známá jejich specifická reakce na působení různých stresorů

Makrozoobentos

Nevýhody:

- obtížné rozlišit mezi vlivem znečištění a vlivem environmentálních faktorů - bentičtí bezobratlí reagují na malé změny ve velikosti a textuře substrátu a obsahu organických látek
- výsledky mohou sezónně kolísat vlivem životního cyklu
- vysoká prostorová heterogenita vyžaduje opakované vzorkování

- Doporučené metody vzorkování MZB v mělké tekoucí vodě

Proud	typ substrátu	Kvalitativní průzkumy	Kvantitativní průzkumy
rychlý	balvany, velké kameny	obracení kamenů proti proudu ruční sítí	ohrádka nebo Surrberův vzorkovač (pokud může být správně umístěn)
mírný	štěrk	umělé substráty, kopání a ruční sít'	ohrádka nebo Surrberův vzorkovač, podle hloubky i pneumatický odsávač
pomalý	štěrk-písek	lžicové sběrače, drapáky, bagry a vlečné sítě	válcové vzorkovače, bagry, drapáky, vlečné sítě, dle hloubky i pneumatický odsávač
velmi pomalý	písek-bahno	lžicové sběrače, drapáky, bagry a vlečné sítě	sondy, dle hloubky i pneumatický odsávač

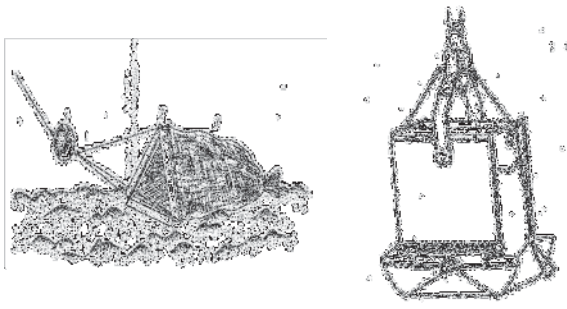
- **PODROBNOSTI K ODBĚROVÝM METODÁM A POUŽÍVANÝM NÁSTROJŮM A VYBAVENÍ VIZ. CVIČENÍ č. 1**



Surrberův vzorkovač



Pevný rám sítě vymezuje konkrétní prostor dna ze kterého je odebírán makrozoobentos.



Tvrdé dno

Měkké dno

Aktuální řada metodik pro odběr a zpracování vzorků a následné hodnocení ekologického stavu v ČR

- hodnocení ekologického stavu pomocí predikčních systémů založených na srovnání očekávaného (referenčního) a nalezeného společenstva na lokalitě
- odběrové i hodnotící metodiky jsou k dispozici na webových stránkách **Odboru ochrany vod MZP**
http://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod

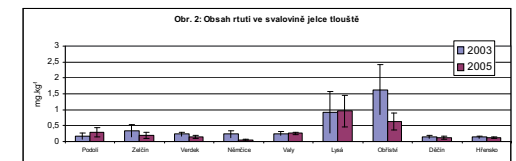
Bioakumulační monitoring sleduje cizorodé toxické látky ve vodních organismech.

sentinelové organismy

- korelace mezi stavem polutantu v těle organismu a v prostředí
- schopnost snášet maximální koncentrace polutantu a rozmnožovat se
- využívají se jako **bioakumulativní indikátory**, které kumulují ve svém těle polutanty z prostředí (těžké kovy, PCB...)

monitoring

- **aktivní** – výběr doby a místa expozice, slávičky, mechy, membrány
- **pasivní** – neznámá expozice, MZB, ryby



II Implementace Rámcové směrnice o vodách

1. Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách
2. Český multimetrický index hodnocení ekologického stavu pomoci ryb (CZI)
3. Interkalibrace biologické složky ryby
4. Dopady Rámcové směrnice o vodách na rybářské hospodaření

II Implementace Rámcové směrnice o vodách

1. Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách
2. Český multimetrický index hodnocení ekologického stavu pomoci ryb (CZI)
3. Interkalibrace biologické složky ryby
4. Dopady Rámcové směrnice o vodách na rybářské hospodaření

Vzniku Rámcové směrnice na ochranu vod předcházela řada politických rozhodnutí a dohod členských států EU realizovaných v tzv. Enviromentálních akčních programech v letech 1973 – 2000.



- velké množství dílčích směrnic a rozhodnutí
- snižování přehlednosti



- zaměření na povrchové vody
- opomíjení vod podzemních a příbřežních

„Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“ (tzv. Water Framework Directive), která vstoupila v platnost 22. 12. 2000.

Rozsah působnosti Rámcové směrnice o vodách

Tato směrnice představuje základní a zároveň nejvýznamnější legislativní nástroj z hlediska ochrany a vodo hospodářského využití povrchových, brakických, příbřežních a podzemních vod v EU s rozvržením dílčích etap její implementace až do roku 2027.

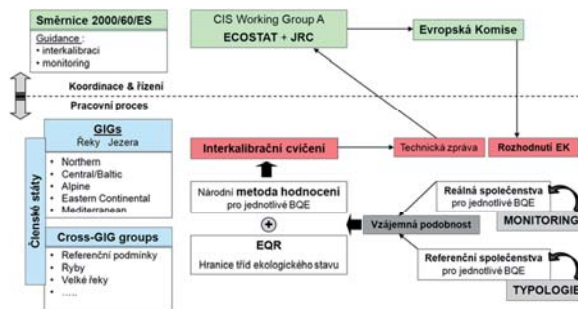
Hlavní cíle Rámcové směrnice

- zabránit dalšímu zhoršování, ochránit a zlepšit stav vodních ekosystémů a, s ohledem na jejich potřebu vody, i stav suchozemských ekosystémů a mokřadů
- podpořit trvale udržitelné užívání vod založené na dlouhodobé ochraně dosažitelných vodních zdrojů
- zvýšená ochrana a zlepšení vodního prostředí, mimo jiné též prostřednictvím specifických opatření pro cílené snižování vypouštění, emisí a úniků prioritních látek a zastavení nebo postupné odstranění vypouštění, emisí a úniků prioritních nebezpečných látek
- zajistit cílené snižování znečištění podzemních vod a zabránit jejich dalšímu znečišťování
- přispět ke zmírnění účinků povodní a období sucha

Voda není komerčním produktem jako ostatní výrobky, ale spíše *dědictvím*, které musí být chráněno, střeženo a nakládáno s ním jako takovým.

Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Součástí implementace Rámcové směrnice je mezinárodní spolupráce s cílem zabránit nesprávným výkladům jednotlivých opatření, zajistit porovnatelnost dat a výsledků jednotlivých členských států (společná implementační strategie - Common Implementation Strategy, prováděcí směrné dokumenty - guidances).



Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Základní administrativní jednotkou, se kterou Rámcová směrnice pracuje, je **vodní útvar** (tzv. water body), který je vymezený pomocí abiotické typologie na základě vzájemné podobnosti úseků toku.

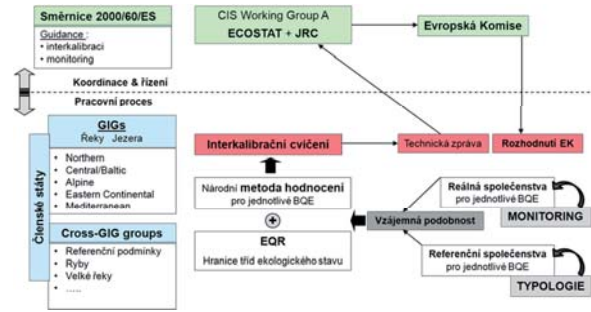


- Úmoří (3 kategorie)
- Nadmožská výška (4 kategorie)
- Geologie (2 kategorie)
- Řád toku (3 kategorie)

Na základě výše uvedených proměnných byla říční síť ČR rozdělena do 23 hlavních typů, s dalším jemným členěním do celkem 47 typů, a výsledného počtu přibližně 1000 vodních útvarů (Langhammer et al., 2009)..

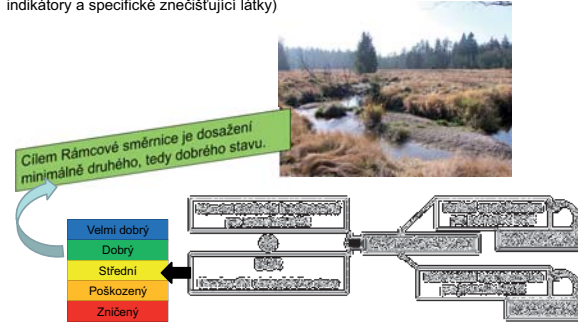
Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Ekologický stav vodního útvaru se hodnotí pomocí jednotlivých složek (tzv. BQE – Biological Quality Element - makrofyta, fytoplankton, fytozbentos, ryby, makrozoobentos a podpůrné složky hydromorfologie, základní fyzikálně chemické indikátory a specifické znečišťující látky).



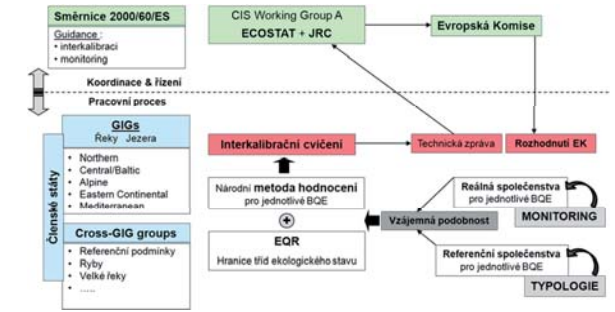
Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Ekologický stav vodního útvaru se hodnotí pomocí jednotlivých složek (tzv. BQE – Biological Quality Element - makrofyta, fytoplankton, fytozbentos, ryby, makrozoobentos a podpůrné složky hydromorfologie, základní fyzikálně chemické indikátory a specifické znečišťující látky)



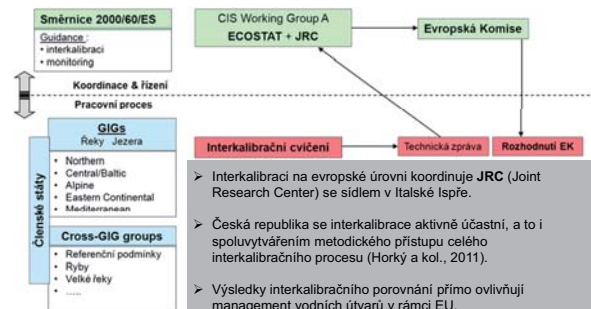
Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Aby bylo možné srovnávat výsledky hodnocení napříč EU, musí jednotlivé národní metody projít tzv. interkalibrací. Na základě výsledků interkalibrace jsou nastaveny hranice mezi velmi dobrým, dobrým a středním stavem jednotlivých národních hodnotících systémů.



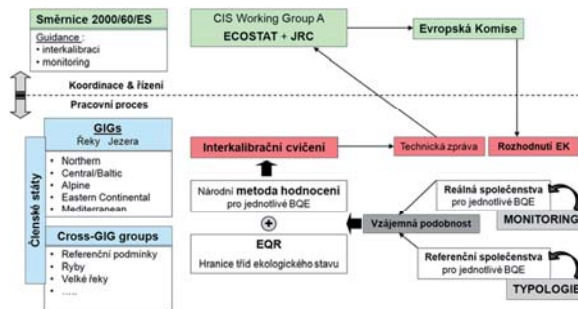
Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Aby bylo možné srovnávat výsledky hodnocení napříč EU, musí jednotlivé národní metody projít tzv. interkalibrací. Na základě výsledků interkalibrace jsou nastaveny hranice mezi velmi dobrým, dobrým a středním stavem jednotlivých národních hodnotících systémů.



Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách – tekoucí vody

Všechny složky jsou hodnoceny v daných intervalech během šestiletého období, jehož součástí jsou i tzv. akční plány zaměřené na identifikaci problémů, nápravná opatření a zároveň vyhodnocení stavu a jeho vývoje a podání souhrnné zprávy institucím EU.



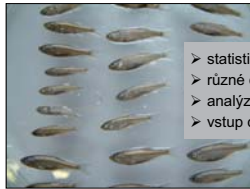
Struktura přednášky

II Implementace Rámcové směrnice o vodách

1. Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách
2. Český multimetrický index hodnocení ekologického stavu pomocí ryb (CZ)
3. Intercalibrace biologické složky ryby
4. Dopady Rámcové směrnice o vodách na rybářské hospodářství

Úvod

Metoda určení ekologického stavu je založená na vzorkování juvenilních ryb a navazuje na předchozí platné metodiky (Slavík a Jurajda 2001; Jurajda, Slavík, Adámek 2006).



- statistický software SAS
- různé datové procedury
- analýza pomocí PROC MIXED a CLUS
- vstup do analýz - 326 společenstev ryb

Vývoj a analýza multimetrického indexu hodnocení ekologického stavu toku pomocí juvenilních ryb byly provedené v souladu s dokumenty Guidance.

Postup

Metoda byla v souladu s doporučovými postupy vyvíjena v několika navazujících krocích.

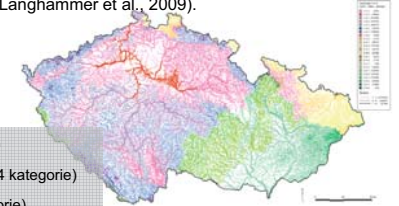
Obecný rámec

dle „Common implementation strategy for the WFD“ (guidance no. 10)

1. typologie
2. index určující pomocí metrik odchylku od referenčního stavu
3. nastavení hranic jednotlivých tříd
4. validace hodnocení, odhad spolehlivosti atd.

1. Typologie

Typologie přímo vychází z obecné typologie říční sítě České republiky, která byla zpracována týmem odborníků pod vedením RNDr. Jakuba Langhammera, Ph.D. (Langhammer et al., 2009).

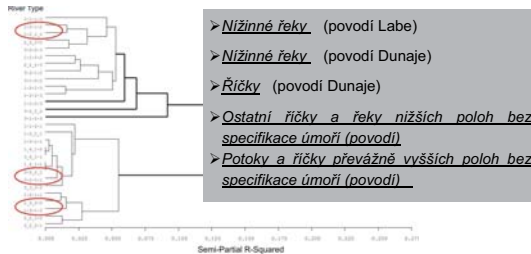


- Úmoří (3 kategorie)
- Nadmořská výška (4 kategorie)
- Geologie (2 kategorie)
- Řád toku (3 kategorie)

Funkčnost abiotické typologie říční sítě ČR byla dále testovaná a upravená podle charakteristik společenstev ryb.

1. Typologie

Bylo zkonstruováno složení společenstev pro 28 typů vodních toků podle jemného členění, čímž bylo pokryto celkem 84,26 % celkové plochy ČR.



Typická společenstva ryb byla předmětem shlukové analýzy, která rozdělila Českou republiku do pěti hlavních typů.

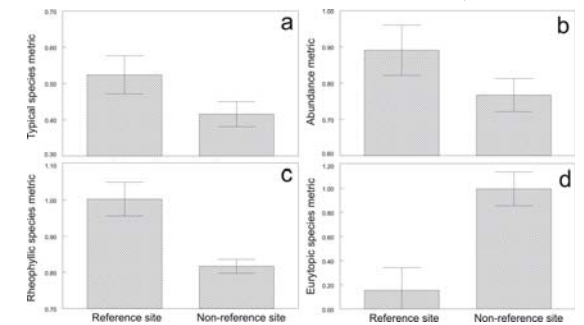
1. Typologie

Na základě dělení podle dalších funkčních parametrů (řád toku, nadmořská výška) bylo vygenerováno celkem 13 výsledných typů.

1. nížinné řeky náležející úmoří Severního moře (povodí Labe)
tento hlavní typ není dále rozdělen a představuje jednu kategorii
2. nížinné řeky náležející úmoří Černého moře (povodí Dunaje)
tento hlavní typ není dále rozdělen a představuje jednu kategorii
3. říčky náležející úmoří Černého moře (povodí Dunaje)
tento hlavní typ není dále rozdělen a představuje jednu kategorii
4. ostatní říčky a řeky nižších poloh bez specifikace úmoří
tento hlavní typ je dále rozdělen do čtyř podtypů
 - 4 a. nadmořská výška méně než 200 m a řád toku 4 až 6
 - 4 b. nadmořská výška méně než 200 m a řád toku 7 až 9
 - 4 c. nadmořská výška od 200 do 500 m a řád toku 4 až 6
 - 4 d. nadmořská výška od 200 do 500 m a řád toku 7 až 9
5. potoky a říčky převážně vyšších poloh bez specifikace úmoří
tento hlavní typ je dále rozdělen do šesti podtypů
 - 5 a. nadmořská výška méně než 200 m a řád toku 1 až 3
 - 5 b. nadmořská výška od 200 do 500 m a řád toku 1 až 3
 - 5 c. nadmořská výška od 500 do 800 m a řád toku 1 až 3
 - 5 d. nadmořská výška od 500 do 800 m a řád toku 4 až 6
 - 5 e. nadmořská výška více než 800 m a řád toku 1 až 3
 - 5 f. nadmořská výška více než 800 m a řád toku 4 až 6

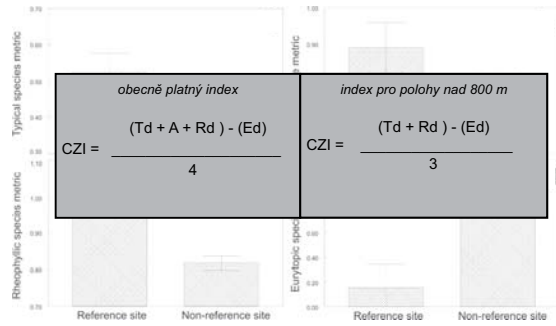
2. Výběr metrik a index hodnocení

Výběr tzv. kandidátských metrik byl následovaný výběrem definitivních metrik na základě statistického rozdílu hodnot mezi referenčními a ovlivněnými lokalitami



2. Výběr metrik a index hodnocení

Z definitivních metrik byla následně zkonstruována definitivní podoba indexu hodnocení CZI.



3. Hranice tříd

Hranice tříd ekologické kvality toku byly nastavené na základě hodnot CZI dosažených na referenčních lokalitách (option C, Guidance dokument č. 10).

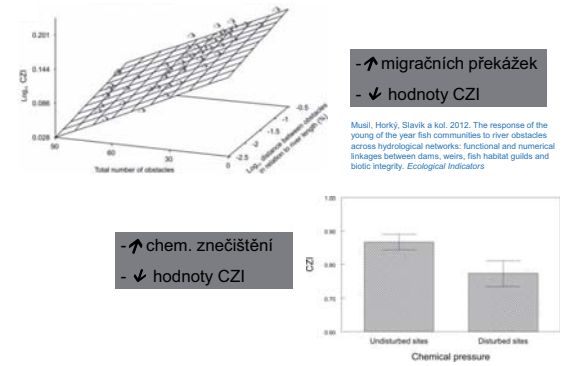
Velmi dobrý stav:	0.780 - 1.000
Dobrý stav:	0.585 - 0.780
Střední stav:	0.390 - 0.585
Poškozený stav:	0.195 - 0.390
Zničený stav:	0.000 - 0.195

-> hranice mezi 1 - 2 třídou - 1. kvartil ref. lok.
-> zbývající hranice - poměrně stejné části

Zobrazené nastavení hranic je definitivní po jejich validaci procesem interkalibrace.

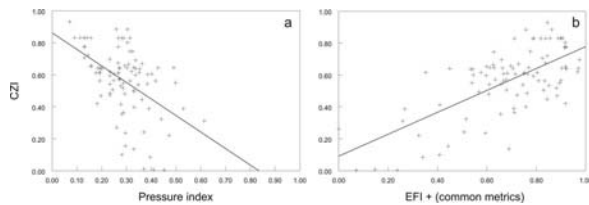
4. Validace hodnocení

CZI signifikantně reaguje na různé faktory popisující degradaci prostředí.



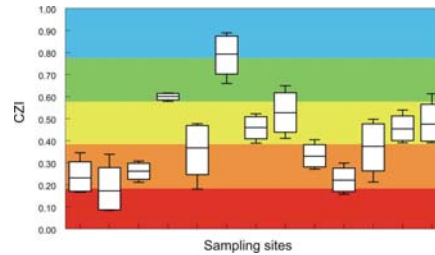
4. Validace hodnocení

CZI signifikantně reaguje na obecný Evropský index hodnocení rybních společenstev (EFI) a na obecný index popisující degradaci prostředí.



4. Validace hodnocení

Hodnocení pomocí CZI je stabilní z hlediska variability jeho hodnot v čase.



Horký, P., Slavík O., 2011. Metodika hodnocení ekologického stavu útvárů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky ryby. VUV T.G.M., v.v.i.

Struktura přednášky

II Implementace Rámcové směrnice o vodách

1. Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách
2. Český multimetrický index hodnocení ekologického stavu pomocí ryb (CZI)
3. Interkalibrace biologické složky ryby
4. Dopady Rámcové směrnice o vodách na rybařské hospodaření

Interkalibrace biologické složky ryby

Hlavní část interkalibrace ryb probíhala v období 2006 – 2011, kdy bylo uskutečněno řádově desítky pracovních setkání na různých úrovních.

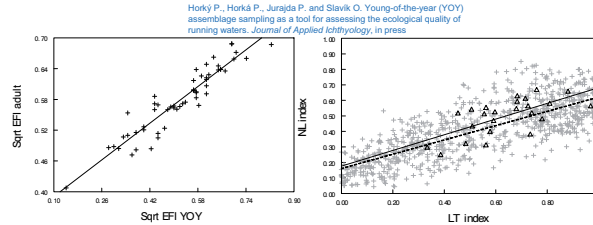
Austria, Belgium-Flanders, Belgium-Wallonia, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Latvia, Lithuania, Luxemburg, Netherlands, North Ireland, Norway, Portugal, Romania, Scotland, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, England-Wales

Nordic Group
Lowland-Midland Group
Alpine-type Mountains Group
Mediterranean South-Atlantic
Danubian Group

Česká republika interkalibrovala v rámci tzv. Danubian Group.

Vstupní podmínky

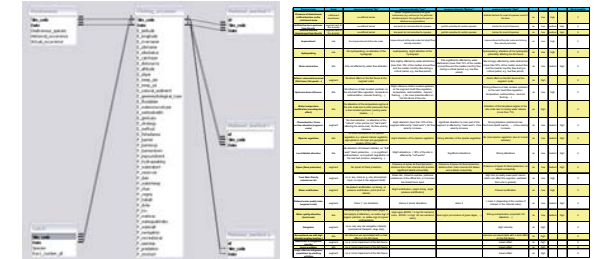
Každá národní metoda musí splnit soubor poměrně přísných vstupních podmínek.



ČR musela mimo jiné prokázat, že stanovení ekologického stavu pomocí juvenilních ryb je srovnatelné s hodnocením dospělých jedinců.

Interkalibrační databáze

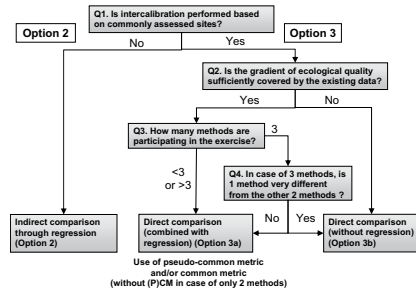
Podstatným krokem bylo vytvoření tzv. interkalibrační databáze s údaji o rybích společenstvech, abiotických parametrech a tlacích působících na daných lokalitách.



Každou národní metodou byla spočítána data všech ostatních států.

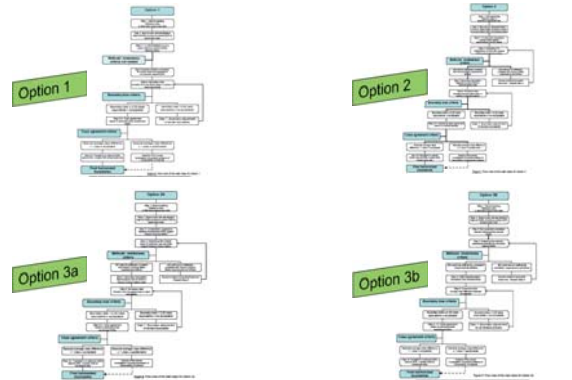
Porovnání a harmonizace hranic

V průběhu celého procesu byl několikrát měněn metodický přístup k realizaci samotného porovnání a harmonizace hranic (IC Guidance Annex V).



Na základě povahy dat v dané skupině je možný výběr několika základních (IC option 1 – 3) a navazujících (např. piecewise transformace) postupů.

Porovnání a harmonizace hranic

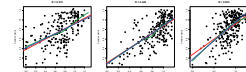


Porovnání a harmonizace hranic

V průběhu celého procesu byl několikrát měněn metodický přístup k realizaci samotného porovnání a harmonizace hranic (IC Guidance Annex V).

Danubian Group – Option 2 without piecewise transformation - 3 národní metody (CZ, SK, RO)

Method	country	Slope	R
CZ_index		0.547	0.572
RO_EFIplus_index		0.776	0.649
SK_FIS_index		0.650	0.552



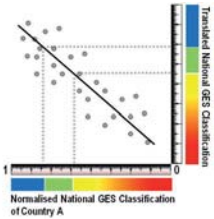
- normalizace hodnot na vzájemně srovnatelnou hladinu (EQR)
- regrese národní metody s tzv. Common Metric musí splňovat předepsané parametry
- převod hodnot hranic na škálu iCM

Na základě povahy dat v dané skupině je možný výběr několika základních (IC option 1 – 3) a navazujících (např. piecewise transformace) postupů.

Porovnání a harmonizace hranic

V průběhu celého procesu byl několikrát měněn metodický přístup k realizaci samotného porovnání a harmonizace hranic (IC Guidance Annex V).

Danubian Group – Option 2 without piecewise transformation
- 3 národní metody (CZ, SK, RO)

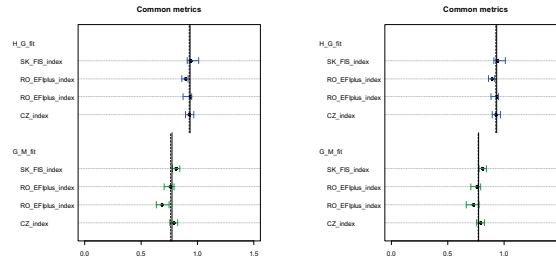


- normalizace hodnot na vzájemně srovnatelnou hladinu (**EQR**)
- regrese národní metody s tzv. **Common Metric** musí splňovat předepsané parametry
- převod hodnot hranic na škálu iCM

Na základě povahy dat v dané skupině je možný výběr několika základních (IC option 1 – 3) a navazujících (např. piecewise transformace) postupů.

Porovnání a harmonizace hranic

Na lokalitách, které byly spočítány všemi metodami, je vyjádřena predikovaná hodnota indexů pro jednotlivé třídy kvality. Musí se překrývat jejich intervaly spolehlivosti (+/- ¼ třídy).



Porovnání a harmonizace hranic

Na lokalitách, které byly spočítány všemi metodami, je vyjádřena predikovaná hodnota indexů pro jednotlivé třídy kvality. Musí se překrývat jejich intervaly spolehlivosti (+/- ¼ třídy).

CZI si po harmonizaci zachovává původní hranice

Method	country	Type	H_G before	G_M before	H_G after	G_M after
CZ_index	no		0.780	0.585	0.780	0.585
RO_EFplus_index	cyprinid_wading		0.939	0.655	0.939	0.700
RO_EFplus_index	salmonid		0.911	0.755	0.911	0.755
SK_FIS_index	no		0.710	0.570	0.710	0.570

Zpětná kontrola zařazení lokalit do tříd tzv. class agreement

Method	country	CI agree before	CI agree after
CZ_index vs. RO_EFplus_index		0.861	0.854
CZ_index vs. SK_FIS_index		0.769	0.769
RO_EFplus_index vs. CZ_index		1.095	1.066
RO_EFplus_index vs. SK_FIS_index		0.928	0.919
SK_FIS_index vs. CZ_index		0.935	0.935
SK_FIS_index vs. RO_EFplus_index		0.889	0.889
Mean		0.913	0.905

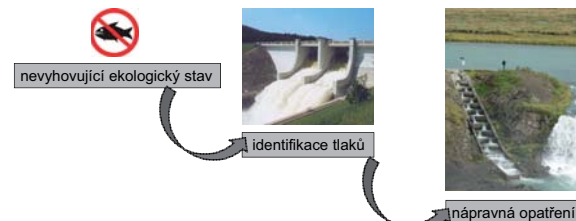
Struktura přednášky

II Implementace Rámcové směrnice o vodách

1. Základní postupy implementace Rámcové směrnice o vodách
2. Český multimetrický index hodnocení ekologického stavu pomocí ryb (CZI)
3. Interkalibrace biologické složky ryby
4. Dopady Rámcové směrnice o vodách na rybářské hospodaření

Dopady rámcové směrnice na rybářské hospodaření

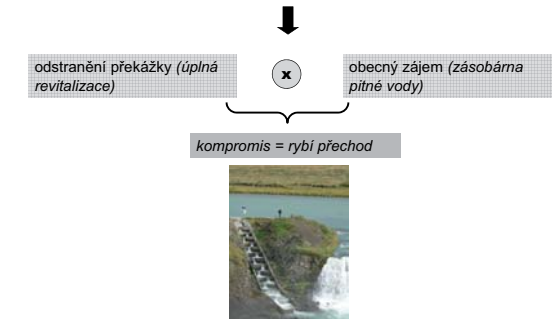
Vliv Rámcové směrnice na společenstva ryb v tekoucích vodách lze vnímat jako jednoznačně pozitivní. V důsledku rozsahu působení této směrnice je vyvíjen značný tlak na zlepšení stavu celých ekosystémů a tím je podporován i rozvoj přirozených populací ryb.



V blízké budoucnosti je možné očekávat tlaky na změny v rybářském managementu související s ochranou a obnovou původních společenstev ryb za účelem dosažení dobrého ekologického stavu.

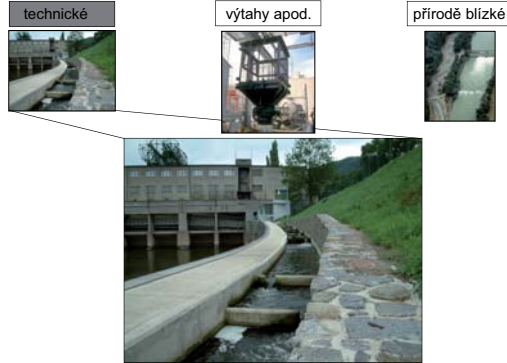
Nápravná opatření

Obecně doporučovaným nejlepším řešením fragmentace toku je celkové odstranění příčné překážky, které mimo obnovení průchodnosti umožní i celkovou revitalizaci toku do přírody blízké podoby (Cowx & Welcomme, 1998).



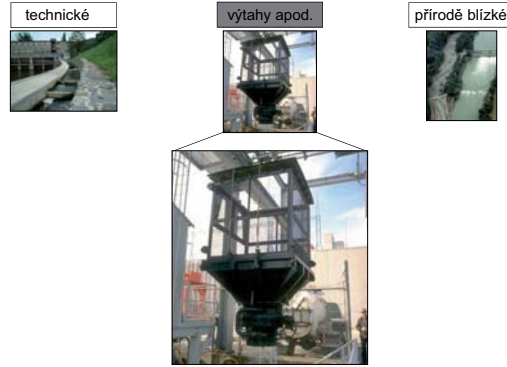
Nápravná opatření

Za účelem obnovy průchodnosti překážek byly vyvinuté různé typy rybích přechodů.



Nápravná opatření

Za účelem obnovy průchodnosti překážek byly vyvinuté různé typy rybích přechodů.



Nápravná opatření

Za účelem obnovy průchodnosti překážek byly vyvinuté různé typy rybích přechodů.



Nápravná opatření

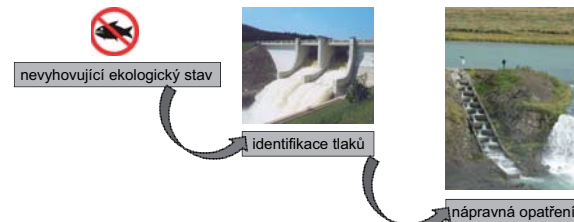
Za účelem obnovy průchodnosti překážek byly vyvinuté různé typy rybích přechodů.

- V EU stále častěji prosazované, zejména obtoková koryta (bypassy)
 - z přírodních materiálů (kameny, štěrky atd.)
 - napodobenina přirozeného toku
 - nejen migrační koridor, ale běžně využívaná a osídlená součást ekosystému
- (např. Parasiewitz et al., 1998; Larinier, 2002)



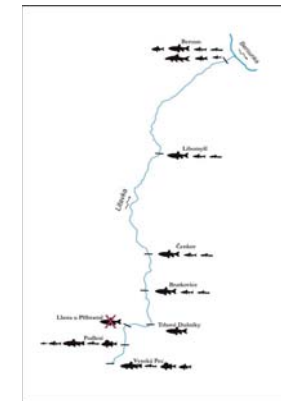
Dopady rámcové směrnice na rybářské hospodaření

Vliv Rámcové směrnice na společenstva ryb v tekoucích vodách lze vnímat jako jednoznačně pozitivní. V důsledku rozsahu působení této směrnice je vyvíjen značný tlak na zlepšení stavu celých ekosystémů a tím je podporován i rozvoj přirozených populací ryb.

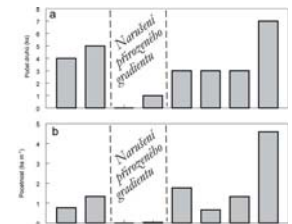


V blízké budoucnosti je možné očekávat tlaky na změny v rybářském managementu související s ochranou a obnovou původních společenstev ryb za účelem dosažení dobrého ekologického stavu.

Dopady rámcové směrnice na rybářské hospodaření



Rámcová směrnice zohledňuje i fakt, že některé toky, jsou v současnosti z důvodu antropogenních tlaků pro život jednotlivých druhů ryb nevhodné. Pokud je předpoklad jejich opětovného výskytu po zlepšení podmínek prostředí, tak není možné udělovat výjimky v hodnocení. *Výjimku tvoří pouze silně ovlivněné vodní útvary.*



KLASIFIKACE A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtýl

<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

Klasifikace znečištění vod
Samočištění vod
Čistírny odpadních vod



ZNEČIŠTĚNÍ VOD A JEHO POSUZOVÁNÍ

- Ochrana vod je prvořadým cílem celé společnosti. S růstem počtu obyvatel, životní úrovně i civilizace vzrůstá množství odpadních látek, které znečišťují povrchové a podzemní vody, moře a oceány. Toto znečištění se projevuje především poškozením vodních organismů a zvláště ryb.
- Pro pojem znečištění vod přijala Světová zdravotnická organizace tuto definici:
„Voda je znečištěna, je-li složení vody změněno v důsledku přímé nebo nepřímé činnosti člověka tak, že je méně vhodná pro některé nebo všechny účely, pro které je voda vhodná v přirozeném stavu“.

KVALITA (=JAKOST) VODY

- Posuzování kvality vody
 - z biologického hlediska - znečištění
 - z hlediska využitelnosti člověkem – jakost pro využití: a) ve vodárenství (pitná, ...), b) k rekreaci (lze se koupat, ...)
- Faktory ovlivňující kvalitu vody:
 - Saprobity
 - Eutrofizace
 - Acidifikace - pH
 - Toxicita
 - Radioaktivita
 - Fyzikální změny
 - Salinita

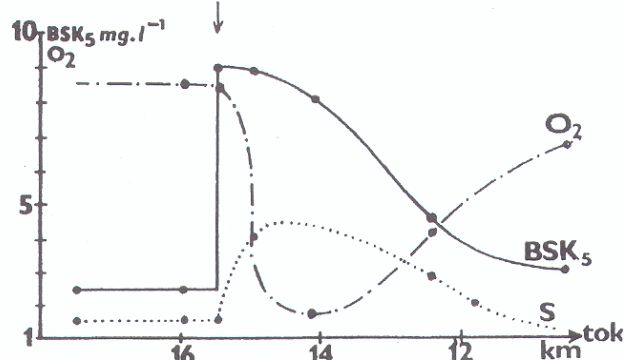


SAPROBITA

Saprobie – saprobní systém je systém třídění stavu znečištění vod v přírodě podle osídlení živými (saprobními) organismy – umožňuje hodnocení bez velkých nároků na čas a přístrojové vybavení

Saprobity organické znečištění

- obsah organických látek, schopných biochemického rozkladu (vyjádřena jako BSK, méně přesně i jako CHSK)
- Různá úroveň organického znečištění dává vznik určitému druhovému složení společenstva (biocenózy)



Obr. 24. Průběh kyslíkového režimu a saprobity pod bodovým zdrojem organického znečištění. Přítok odpadní vody v místě šipky. ZELINKA 1979.

Saprobie

A) **Katarobita** - nejčistší vody jako např. podzemní voda a prameny. Žádné nebo jen velmi slabé oživení.

B) **Limnosaprobita** - vody slabě až silně organicky znečištěné.

- 1) x - xenosaprobita (velmi čisté vody) třída I a
- 2) o - oligosaprobita (čisté vody) třída I b
- 3) β - β-mesosaprobita (znečištěné vody) třída II
- 4) α - α-mesosaprobita (silně znečištěná voda) třída III
- 5) p - polysaprobita (velmi znečištěná voda) třída IV

C) **Eusaprobita** - velmi silně znečištěné vody, prakticky bez života - poslední stupeň

D) **Transsaprobita** - odpadní vody vymykající se pojmu saporbita

A. **Katarobita** (-1):

- voda bez jakéhokoliv znečištění, nelze měřit BSK
- podzemní voda pitná, upravená pramenná na pitnou...
- žádné oživení nebo jen málo obyvatelů podzemních vod (stygofilů a stygobiontů). Tzn. neobsahuje žádné saporbity.



B. **Limnosaprobita**: znečištěné podzemní a povrchové vody, org. znečištění nepatrné, střední až silné

- vždy aerobní podmínky
- patří sem největší část povrchových vod

Saprobita	Rybí pásmo	Třída čistoty	Charakteristika	O ₂ mg/l
xenosaprobita	pstruhové	I.a - velmi čistá voda	nejvyšší možná čistota, blízko pramenů, pro nedostatek hnilobných látek - slabé rozkladné procesy	9,5
oligosaprobita	pstruhové, lipanové	I.a	nepatrné org. zatížení	9,5
beta-mesosaprobita	parmové, cejnové	I.b - voda čistá	ještě relativně vysoká diverzita	8
alfa-mesosaprobita	odolné druhy ryb	II. - znečištěná voda, III - silně znečištěná voda	velký pokles kyslíku, snížená diverzita	6
polysaprobita	bez ryb	III., IV - velmi silně znečištěná voda	úplné odčerpání kyslíku	3,5

1. **Xenosaprobita (X)**: pramenná voda, pramenné stružky BSK₅ do 1 mg/l. Výborná pro vodárenskou úpravu, ploštěnka *Crenobia alpina*, plž *Bythinella austriaca*, larvy proudomilek.

2. **Oligosaprobita (I)**: čisté vody pstruhového pásma BSK₅ do 2,5 mg/l, rozsivky, zel. řasa *Drapalnadia*, pstruzi, lipani, hlavatky, vranky

3. **β-mesosaprobita (β-m)** maximální úroveň org. znečištění, které může voda bez lidské činnosti dosáhnout BSK₅ do 5 mg/l, úživná voda s vysokou diverzitou a kvantitou: sinice vodního květu, ploštěnce, larvy váček, spousta pelocetek a copepod, ryby parmového i cejnového pásma - voda vhodná víc pro rekreaci než vodárenské využití

4. **α-mesosaprobita (α-m)** voda silně znečištěná (vidět makroskopicky),

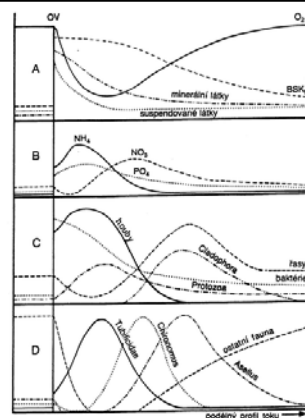
člověk se v ní již odmítá koupat, ale chytá v ní ještě ryby, BSK₅ 5 -10 mg/l, možnost patogenů tyf, salmonela, úplavice, nálevníci, sinice, plísňe, bakterie, tolerantní kaprovité ryby

5. **Polysaprobita (p)**: mikroaerobní, tak silně znečištěná voda, že může docházet k anoxii, na dně černé sírníkové bahno, sedimenty, nitěnky a jiní oligochaeti psychrof. až miliony a mezofilu statisíce na ml, kolif. až 30 mil./l. Obsah kyslíku a přítomnost organismů ovlivňuje peřejnatost (prokysličení).

C. **Eusaprobita (E)**: jen málo zředěné nebo surové splaškové vody, anaerobie, hranice: 50 mg BSK₅

D. **Transsaprobita (T)**: vody vymykající se stupňům saporbity

- Antisaprobita (a) – jedy
- Radiosaprobita (r) – radioaktivní
- Kryptosaprobita (c) – fyzikálními faktory ovlivněná voda

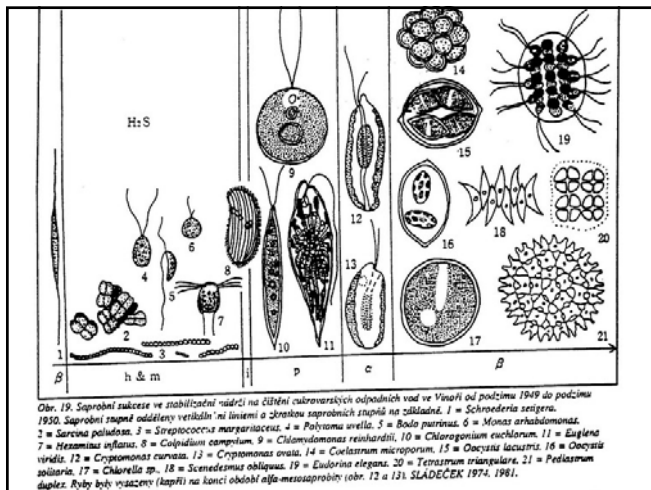


Fyzikální a chemické parametry

Nárostové organismy

Bentická fauna

47. Grafické znázornění průběhu změn základních ukazatelů kvality vody v podélném profilu toku před vyústěním odpadních vod a při sámu OV přítak odpadních vod. A a B fyzikální a chemické faktory, C nárostové organismy, D bentická fauna (podle Hynase, 1960)



Obn. 19. Saprobni sukcese ve stabilizované údržbě na čištní odzovarských odpadních vod ve Vinné od podzimu 1949 do podzimu 1950. Saprobni stupně odděleny vertikálními čarami a zobrazeny saprobni stupně na základě: 1 = Schrodleria seigera, 2 = Sarcina pallidosa, 3 = Streptococcus marginatus, 4 = Polytoma sveltii, 5 = Bodo puerus, 6 = Monas arhabidomans, 7 = Hexamita inflata, 8 = Colpidium campylum, 9 = Chlamydomonas reshiaridii, 10 = Chlorella vulgaris, 11 = Euglena viridis, 12 = Cryptomonas curvata, 13 = Cryptomonas ovata, 14 = Clostridium microsporium, 15 = Oocystis lacustris, 16 = Oocystis solitaria, 17 = Chlorella sp., 18 = Scedonema obliquum, 19 = Eudorina elegans, 20 = Tetrasium triangulare, 21 = Pediculus duplex. Ryby byt vyřazeny (kapři) na konci období efflu-mesoprobni (obr. 12 a 13). SLADECER 1974, 1981.

TOXICKÉ LÁTKY VE VODĚ

- vliv jedovatých látek, které inhibují (brzdí vývoj) až zcela ničí vodní organismy
- stanovení pomocí testů toxicity
- stupně toxicity přímo úměrné koncentraci toxických látek

1. Akutní - okamžitý vliv - zabíjí, mění chování
2. Chronická - dlouhodobý vliv na reprodukci, růst populací
3. Bioakumulace - kumulace v potravním řetězci



TOXICKÉ LÁTKY VE VODĚ

- **Toxicita (jedovatost)** je nepříznivé až letální působení látek, přípravků a odpadních vod na organismy
Toxicita je ovlivňována:
 - charakterem látky, přípravku či odpadní vody
 - citlivostí organismů
 - charakterem vodního prostředí
- **Stanovení toxicity** se provádí chemicky nebo pomocí toxikologických testů
- Každý nově vyvinutý nebo do zemědělské praxe zaváděný pesticidní přípravek musí projít posouzením z hlediska **biologické rozložitelnosti a toxicity pro vodní organismy** (ale i jiné organismy např. včely). Výsledky jsou podkladem pro sestavení etikety přípravku a podmínek pro použití v praxi.

TOXICITA NĚKTERÝCH LÁTEK PRO RYBY

- **Amoniak** – způsobuje **hemolýzu a poruchy centrální nervové soustavy**. Při vysokém pH vody se uvolňuje z amoniakových solí a působí na ryby toxicky od hranice 0,2 až 0,5 mg.l⁻¹
- **Sirovodík** – vzniká ve vodě při rozkladu organických látek. Ryby hynou za **příznaku dušení** při koncentracích kolem 1 mg.l⁻¹
- **Volný chlor** – **poškozuje žábra a respirační epitel**. Pro plůdek je toxická již koncentrace 0,1 až 0,2 mg.l⁻¹, pro dospělé ryby 0,2 až 0,4 mg.l⁻¹. Chlorovanou vodu lze neutralizovat přidávkem thiosíranu sodného (asi 1 gram na 10 litrů vody).
- **Sloučeniny těžkých kovů** – největší význam mají ionty mědi, zinku, olova a rtuti. **Při větší koncentraci poškozuji značně žaberní epitel a způsobují úhyn ryb**, při subletálních koncentracích se hromadí v potravních řetězcích a v těle ryb tvoří rezidua.
- **Fenoly** – tvoří součást odpadních vod z důlního průmyslu, koksoven asfaltu aj. **Patří mezi nervové jedy**. Úhyn ryb není tak častý (toxická koncentrace 3-5 mg.l⁻¹), ale již při neapatné koncentraci (0,001 mg.l⁻¹) **způsobují pachutě a nepoživatelnost ryb**
- **Oleje a petrochemické produkty** – mohou způsobit úhyn ryb a vyvolat pachutě rybího masa. V malé koncentraci jsou toxické pro jikry a larvální stadia ryb. Někdy vytváří olejové emulze na hladině povlaku, což **znemožňuje prokysličování vody**.

TOXICITA NĚKTERÝCH LÁTEK PRO RYBY

- **Saponáty a syntetické detergenty** – novodobý zdroj znečištění vod, který souvisí s širokým používáním čistících a mycích prostředků. Je snaha vyrábět prostředky, které by podléhaly mikrobiálnímu rozkladu a byly odbouratelné v klasických mechanicko-biologických čistírnách odpadních vod. Detergenty snižují povrchové napětí vody a jsou značně toxické pro jikry a ryby. **Narušují ochrannou vrstvu slizni na kůži ryb, poškozuji žaberní epitel a krevní buňky**. Toxicita záleží na druhu detergentu či saponátu a uvádí se v rozpětí koncentrací 5-15 mg.l⁻¹.
- **Pesticidy** – používané v široké škále různých prostředků (insekticidy, herbicidy, algicidy) v zemědělství a lesnictví mohou být toxické pro vodní organismy. **Řada postřikových látek je toxická pro vodní bezobratlé již při koncentraci 0,001 mg.l⁻¹, pro ryby od 0,2 do 1 mg.l⁻¹**. V subletálních koncentracích je nebezpečná přítomnost pesticidů ve vodách proto, že se akumulují v těle ryb a mohou vyvolat i fyziologické poruchy.
- Nebezpečné jsou odpadní vody obsahující různé **kyseliny (i silážní šťávy) nebo louhy**, neboť poškozuji kůži a respirační epitel ryb. **Dochází k silnému zahlnění kůže a žaber a udušení ryb**.
- Z uvedených látek jsou nebezpečné zejména ty, jejichž odbourávání přírodními procesy samočištění je dlouhodobé a jejich asanace vyžaduje vysoké náklady nebo po technické stránce je neřešitelná (ropa a ropné deriváty, kovy a jejich sloučeniny, detergenty, pesticidy aj.)

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VODY

- **radioaktivita**
vliv radionuklidů
na nižší organismy - bakterie, prvoky, rostliny a bezobratlé je podstatně menší než na obratlovce a člověka
- **Kryptosaprobita**
voda fyzikálně pozměněná - mechanické faktory způsobené inertními materiály - prach (anorg. uhelný mouč), minerálními oleji, detergenty aj.
teplota (vysoká i nízká, oteplené vody z továren, ochlazení přehrad)

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VODY

- **Eutrofizace** - obohacování vody minerálními živinami (hlavně N, P) a následné negativní vlivy: rozbuzení vodního květu, vegetačního zbarvení vody, vláknitých řas, litorální vegetace se vznikem příchutí a pachů vody – viz minulě
- **Salinita** - vliv zvýšené koncentrace soli ve vodě
 - zmenšení počtu druhů v biocenóze (diverzita), odpovídá slabě toxickému působení (brakické vody, mořské, důlní vody...)
 - euryhalinní, halofilní a halobiontní organismy
- **vliv pH** - hlavně **acidifikace** (pokles vlivem kyselých dešťů) v důsledku vliv podobný vliv jako toxicita opačný proces **alkalizace** specifické alkalifilní či acidofilní organismy (rašelinné vody)

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VODY

▪ Dosud nedefinované

odpady z nemocnic – paraziti – rozvojové země pijí vodu z řek pod nemocnicemi se spoustou patogenů, léky – Češi několikrát převyšují EU, rezidua z moči i vyhazování nedobraných léků

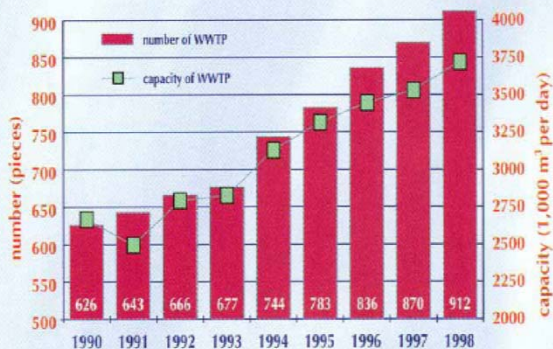
EnDis – Endocrine disruptors látky narušující endokrinní systém obrovský budoucí problém, analogony hormonů, produktů žláz s vnitřní sekrecí

tyto látky jsou úplně ve všem (antihořlavé přísady, ftaláty vznikající při výrobě plastů...)

donedávna nesledované (přímo toxické nejsou – účinek pozná špatně) působí ve velmi malých koncentracích – jedna molekula v litru - (nelze je stanovit chemicky, jen biologicky, fyziologicky – speciální testy toxicity) změna pohlaví u vodních živočichů – potíže s rozmnožováním (jen jedno pohlaví, imposexy, intersexy)

Antikoncepce
mutagenita

Nárůst počtu a kapacit čistíren odpadních vod

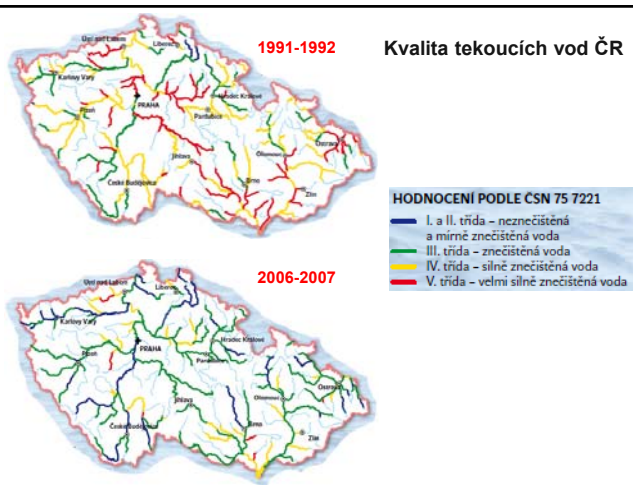


KVALITA VODY V ČR

- Celková kvalita vody v České republice se za posledních dvacet let významně zlepšila ve všech sledovaných ukazatelích.
- Většina hodnocených úseků vodních toků je tak klasifikována jako neznečištěná či mírně znečištěná voda.
- Výrazně ubylo vodních toků hodnocených jako silně znečištěných nebo velmi silně znečištěných.
- Ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství se řeší plošné a difúzní zdroje znečištění, které mají původ především v zemědělské činnosti.
- Podařilo se také regulovat nadměrné množství sloučenin dusíku a fosforu, které přispívají k eutrofizaci vod. V 90. letech významně kleslo jejich vypouštění díky technologii čištění odpadních vod především u nových čistíren odpadních vod
- Lepší jakost vod má tak pozitivní vliv na biodiverzitu vodních a na vodu vázaných druhů živočichů a rostlin i přilehlých ekosystémů, jako jsou například říční nivy, a také na potřebnou míru úpravy pitné vody.

Zdroj: tiskové oddělení MŽP 24.7.2012

Kvalita tekoucích vod ČR



ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD

- **Komunální**
 - vody z domácností
 - stájové splašky
 - vody z potravinářského průmyslu
- **Průmyslové**
 - různé splašky chemického, strojírenského, papírenského aj. průmyslu

Technologie čištění závisí na původu a druhu odpadních vod

ROZDĚLENÍ ODPADNÍCH VOD

- **1. organicky znečištěné**
 - (vody splaškové, mlékárenské, pivovarnické, cukrovarnické),
- **2. toxické**
 - (anorganické i organické jedy) např. arsen, kyanidy, měď aj.
- **3. radioaktivní**
 - vody z dolů apod.
- **4. teplotně pozměněné**
 - odpadní vody z elektráren aj.

CO ODPADNÍ VODY OBSAHUJÍ

- unášené sedimenty
- vznášející se nesesedimentující látky
- rozpuštěné látky

Mírou zátěže je BSK₅

- Probíhají zde procesy
 - Anaerobní
 - aerobní
 - nejlépe, když se stále střídají

A) Proces „samočistění“

- Hodnocení vody:
- Od xenosaprobního stupně po β-mezosaprobni stupeň probíhá **eutrofizace**
- od β-mezosaprobniho stupně do ultrasaprobniho mluvíme o **znečišťování**.
- Samočistění probíhá od ultrasaprobity a končí v β-mezosaprobniho stupni.
- V menších řekách tento proces může pokračovat až do oligosaprobity.



A) Proces „samočistění“

- Schopnost povrchových vod zbavit se **alochtonních** látek, organických či anorganických popř. i cizorodých organismů (hlavně bakterií) označujeme jako **samočisticí schopnost povrchových vod**.
- Významným prvkem je biologické čištění vlivem organismů. Důležité jsou bakterie fakultativně anaerobní a aerobní, v přítomnosti O₂ přistupují nálevníci, bezbarví bičíkovci, řasy a mixotrofní bičíkovci.
- Proces je ovlivňován rychlostí proudu, průtokem, hloubkou, částečně teplotou vody a koncentrací a množstvím organických látek přicházejících do vody.

A) Proces „samočistění“

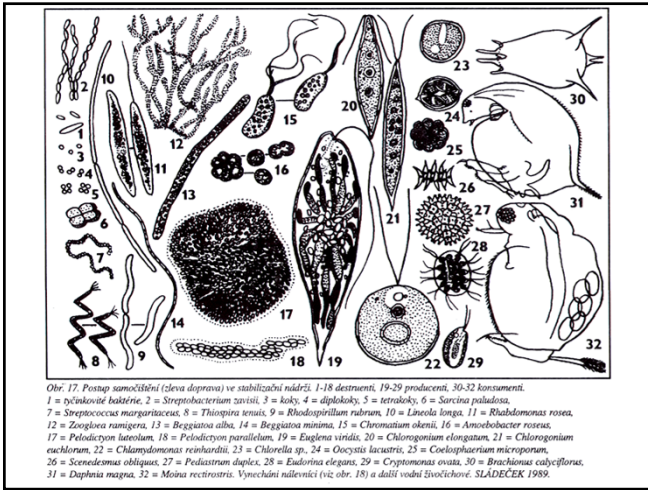
- chemické a biologické děje rozkládající látky způsobující znečištění vody
- **mineralizace**: přirozená součást dekompozičních procesů v přírodě = rozklad org. látek v několika stupních až na látky anorganické (CO₂ + H₂O, soli)
- při tom je významná spotřeba O₂
- Pokud není O₂ dochází v anaerobním prostředí **hnití** (synonyma: anaerobní digesce, fermentace, stabilizace)
- Velký význam destruentů – hlavně bakterie, houby, ...
- konečné produkty jsou následně využity producenty v tvorbě biomasy

A) Proces „samočistění“

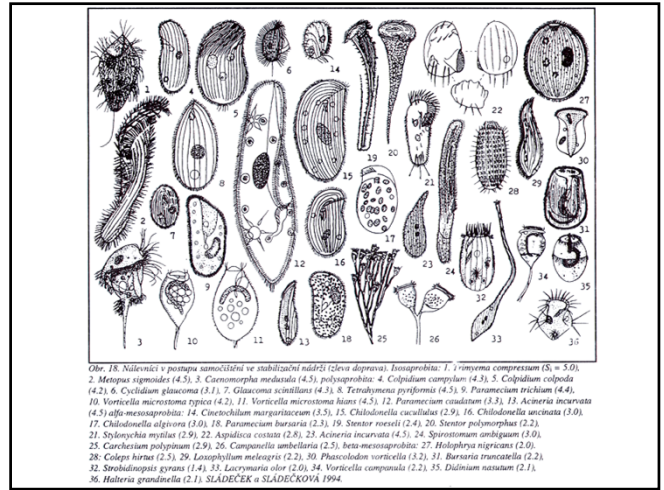
ŠPINAVÁ

- **Polysaprobni fáze**
Převládají redukční pochody – velké organické znečištění, inenzivní bakteriální činnost
- **alfa-Mezosaprobni fáze**
Oxidační a redukční pochody jsou v rovnováze
- **beta-Mezosaprobni fáze**
Oxidační pochody začínají převažovat
- **Oligosaprobni fáze**
Trvale převládají oxidační procesy, spotřeba kyslíku na rozložení zbývajících nečistot je nepatrná

ČISTÁ

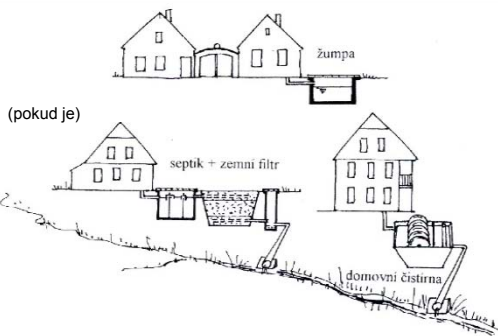


Obr. 17. Postup samočištění (člva doprava) ve stabilizační nádrži. 1-18 desnatří, 19-29 protoctici, 30-32 kónsanti.
 1 = Nylotusová kalitřná, 2 = Streptobacterium zavřítí, 3 = kůly, 4 = díploloky, 5 = tenoloky, 6 = Sorcia pulchra,
 7 = Streptococcus margaritaceus, 8 = Thiospira tenuis, 9 = Rhodospirillum rubrum, 10 = Lineola longa, 11 = Rhadomona rosea,
 12 = Zoogloea ramigera, 13 = Beggiatoa alba, 14 = Beggiatoa minima, 15 = Chromatium okenii, 16 = Anoxybacter roseus,
 17 = Pelodictyon lutescens, 18 = Pelodictyon parallelum, 19 = Euglena viridis, 20 = Chlorogonium elongatum, 21 = Chlorogonium
 caudatum, 22 = Chlamydomonas rehnardii, 23 = Chlorella sp., 24 = Oocystis lacustris, 25 = Coelophysarium microsporum,
 26 = Sarcinodomonas obliquus, 27 = Plectastrum duplex, 28 = Eudorina elegans, 29 = Cryptomonas ovata, 30 = Brachionas calyciflorus,
 31 = Daphnia magna, 32 = Moira retrostris. Vynečání nálevníci (viz obr. 18) a další vodní živočichové. SLÁDEČEK 1989.



Obr. 18. Nálevníci v postupu samočištění ve stabilizační nádrži (člva doprava). Inospicita: 1 = Trinema compressum (S. = 5.0),
 2. Metopus stigmoides (4.5), 3. Caecomonas medusalis (4.5), polyproctis: 4. Colpidium campylum (4.3), 5. Colpidium colpodu
 (4.2), 6. Cyclopidium glaucoma (3.1), 7. Glascomia scintillans (4.3), 8. Tetralymnus pyriformis (4.5), 9. Paramecium trichlam (4.4),
 10. Vorticella microstroma typica (4.2), 11. Vorticella microstroma liana (4.5), 12. Paramecium caudatum (3.3), 13. Acetaria incurvata
 (4.5) alfa-mesoproctis: 14. Cinctobolus margaritaceus (3.5), 15. Chlorella cucullata (2.9), 16. Chlorella uncinata (3.0),
 17. Chlorella algirota (3.0), 18. Paramecium bararia (2.3), 19. Stentor rosei (2.4), 20. Stentor polymorphus (2.2),
 21. Stylonychia mytilus (2.9), 22. Apudocia costata (2.8), 23. Acetaria incurvata (4.5), 24. Spirostomum orbiculatum (3.0),
 25. Caecatanium polytrium (2.9), 26. Campanella umbellaria (2.5), beta-mesoproctis: 27. Holopedium nigricans (2.0),
 28. Coleps hirax (2.5), 29. Loxophium melozis (2.2), 30. Phacelodan vorticella (3.2), 31. Bararia truncatella (2.2),
 32. Stribaldinopsis grana (1.4), 33. Loxymyria olor (2.0), 34. Vorticella compounda (2.2), 35. Dalmian nasutum (2.1),
 36. Halteria grandinella (2.1). SLÁDEČEK a SLÁDEČKOVÁ 1994.

NECENTRALIZOVANÉ ČIŠTĚNÍ



CENTRALIZOVANÉ ČIŠTĚNÍ



B) Čistírny odpadních vod - ČOV

➤ 3 základní stupně čištění (+4)

➤ 1 mechanický

- zachycení unášeného materiálu
- absorpce látek na suspenze
- sedimentace

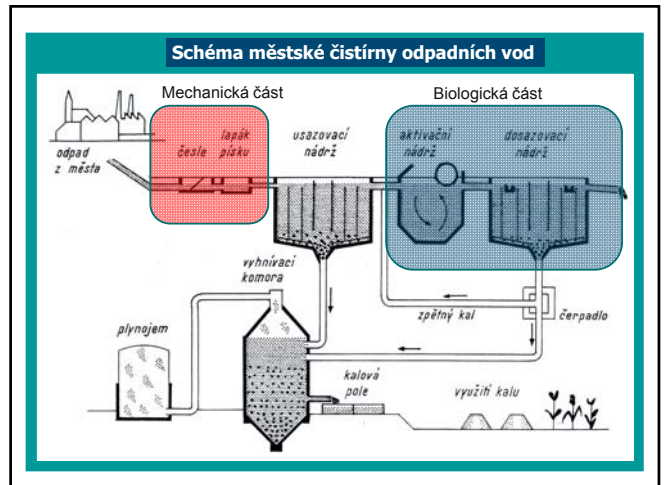
➤ 2 biologický

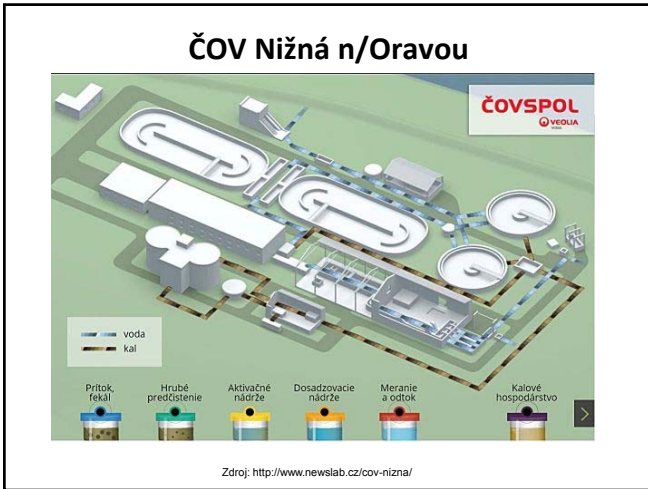
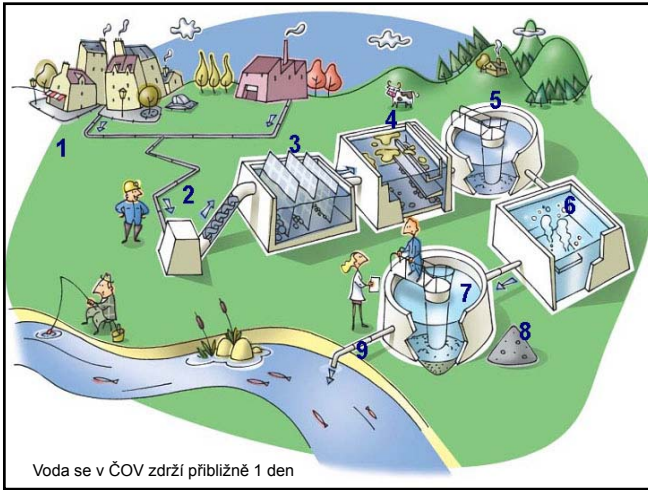
- založen na biochemické aktivitě rozkládačů (hub a bakterií)
- rozklad a mineralizace organických látek

➤ 3 chemický

- snížení obsahu N a P - chemicky (srážení) i biologicky (stabilizační nádrže, mořkady, ..)
- likvidace toxinů

➤ 4 dočišťování – pouze v některých případech





1. MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ

Ochranná část

- lapák štěrku – kameny, cihly...
- česla – odstraňují hrubé plovoucí nečistoty
- lapák písku (na základě vyšší hustoty) (lapák tuku) oddělí od org. materiálu

Mechanické česle

Převzato doc. Rulík (hydrobiologie)

1. MECHANICKÉ ČIŠTĚNÍ

Usazovací nádrž- 1. sedimentace – zpomalení proudění

- usazování jemných nerozpuštěných látek
- stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže
- vzniká prvotní kal => dál zpracován v kalovém hospodářství (nerozpuštěné látky často do anaerob. procesů)

- 1 horní plovoucí frakce
- 2 střední frakce - voda
- 3 spodní frakce - sediment

ČOV OLOMOUC

Jemná česla Usazovací nádrže primárního kalu

Převzato doc. Rulík (hydrobiologie)

2. BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ

- Aktivace v biologickém reaktoru – **ve formě suspenze**
 - činnost aerobního společenstva mikroorganismů
 - enzymaticky (rozklad), nebo pohlcování drobných částic
 - tzv. **aktivovaný kal** – specifické mikroorganismy volně rozptýlené ve vodě nebo ve vložkách
- Aktivovaný kal je v biologickém reaktoru kultivován buď jako suspenze (aktivační systémy) nebo na pevném nosiči (biofilmové reaktory mnoha typů).



BIOCHEMICKÉ PROCESY

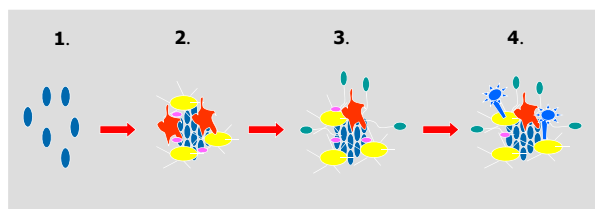
- **Mineralizace** (aerobní respirace) odbourává rozložitelné org. látky, hlavní znečištění na CO_2 a H_2O
- **Denitrifikace** - denitrifikační bakterie v anaerobním prostředí redukuje dusičnany až na elementární dusík – **ANOXICKÝ SELEKTOR**
- Amonné soli se **nitrifikací** přeměňují přes dusitany na dusičnany.
- **Biologická aktivace probíhá:**
 - Ve formě suspenze
 - Na pevném nosiči – biofilm

Účinnost se může měnit s teplotou – aktivita mikroorganismů

ANOXICKÝ SELEKTOR

- je často vhodnou volbou pro systémy s aktivovaným kalem, které nitrifikují.
- vyžaduje přítomnost dusičnanů
- účinné potlačování vláknitých bakterií
- snížení nároků procesu na kyslík, protože se dusičnanový dusík využije jako koncový akceptor elektronů pro oxidaci natékající biologicky odbouratelné organické hmoty

FÁZE VZNIKU VLOČKY AKTIVOVANÉHO KALU



• bakterie • Volně žijící nálevníci • stopkatí nálevníci
• bezbarví bičíkovci • měňavky • vířníci

1. bakterie (základ jsou shluky jejich tyčinek)
2. volně žijící nálevníci a bezbarví bičíkovci, měňavky
3. přibývají stopkatí nálevníci
4. objevují se vířníci, kryténky

Vliv nálevníků na kvalitu odtoku z aktivačního systému

Parametry výtoku	Absence nálevníků	Přítomnost nálevníků
Celkové BSK (mg.l^{-1})	53-70	7-24
Rozpuštěné BSK (mg.l^{-1})	30-35	3-9
Suspendované látky (mg.l^{-1})	86-118	26-34
Počet kultiv. bakterií ($10^6.\text{ml}^{-1}$)	160	1-9

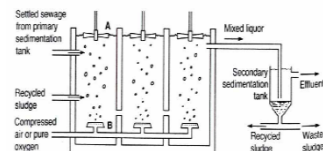
OXIDAČNÍ PŘÍKOP

- relativně levné a účinné zařízení na čištění
- vychází ze samočištěcích procesů činností MO
- nádrž v podobě uzavřeného okruhu
- pův. výstavba Holandsko, SRN, dnes hojně i u nás.
- proces směšovací aktivace s povrchovou aerací
- dlouhodobě nízká zátěžová
- splaškové odpadní vody menších obcí

OXIDAČNÍ PŘÍKOP



AKTIVAČNÍ SYSTÉMY



Aktivace



Převzato doc. Rulík (hydrobiologie)

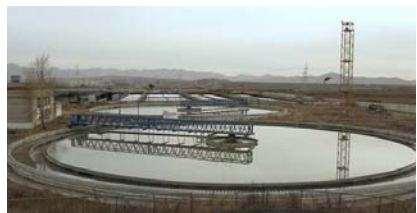
AKTIVAČNÍ A SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽE



Převzato doc. Rulík (hydrobiologie)

DOSAZOVACÍ NÁDRŽE

- Směs vody a aktivovaného kalu pak teče do dosazovací nádrže (2. sedimentace)
 - oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu v důsledku jeho sedimentace
 - část aktivovaného kalu vrácena zpět do biologického reaktoru
 - část oddělena jako přebytečný kal a odváděna ke zpracování do kalového hospodářství (anaerobní výroba bioplynu)



DOSAZOVACÍ NÁDRŽE



BIOFILTRY S PEVNÝM NOSIČEM

- Aktivace na pevném nosiči.
- Na skrápědlo na principu Segnerova kola se přivádí mechanicky předčištěná voda
- Na podkladovém materiálu (skrápědlo, přírodní kámen, struska či umělý plast) se vytváří biologická blána nebo film, která je hlavním činitelem čištění.



BIOFILTRY S PEVNÝM NOSIČEM



Plastové výlisky – nosná plocha biofilmu

Skrápěné biofiltry



směsná kultura v biofilmových reaktorech



Povrchová blána

BIOLOGICKÉ OŽIVENÍ SKRÁPĚNÝCH FILTRŮ

Sladká (1965); Sládeček et al. 1996)

Mikromycety

Fusarium aquaeductum
Aspergillus
Penicillium
Fusarium
Alternaria
Cladosporium
Sepedonium
Trichoderma
Mucor
Rhizopus

Bezobratlí

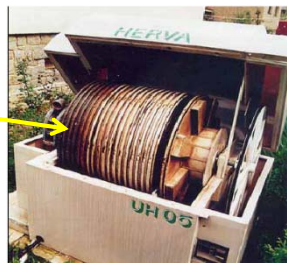
Nematoda
 Oligochaeta
 Rotifera
 Insecta

Sinice

Oscillatoria limosa
Phormidium autumnale
Pseudanabaena catenata

Rotační biodisky

- Čistiřna pro malé zdroje znečištění (rodinné domky, drobné provozovny, penziony, bistra, rekreační objekty)



3. CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ

- chemické odstranění nadbytečných biogenů (N,P), pokud neodstraní biologický proces
- Srážení P přidáváním síranu železitého $Fe_2(SO_4)_3$
 Vypomáhá např. v zimním období při snížené činnosti MO
- odstranění toxinů aj.
- odstranění patogenů (anoxický separátor, anaerobní stabilizace kalu,..)

4. STABILIZAČNÍ NÁDRŽE

- > významnou roli hrají řasy popř. vyšší vodní rostliny
- > biologické (stabilizační, asimilační) rybníky (anaerobní)
 - posledním stupněm stabilizačního procesu (vyrovnaná činnost všech biologických složek)
 - jsou v nich ryby, ale obhospodařování je zcela podřízeno čistírenské funkci
 - středně zatěžované (5 m² na 1 obyv.) - zdržení vody 2 - 5 dní
 - nízkou zatěžované (20 m² na 1 obyv.) - zdržení vody 50 dnů (atmosférická aerace)
- > akumulční nádrže často se sezónním charakterem (řepná kampaň)

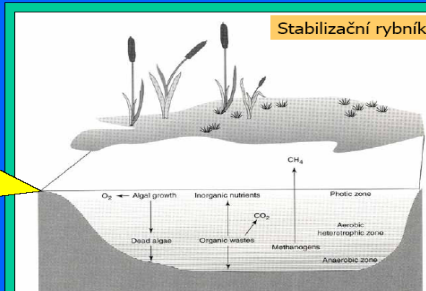
4. STABILIZAČNÍ NÁDRŽE

- > oxidační nádrže – cílem je snížení škodlivin na minimum
 - využívá se fotosyntetický kyslík, sem se přivádí mechanicky předčištěné splašky
 - vhodný typ pro teplejší oblasti
 - tvoří přechodný článek k sériovému uspořádání nádrží
- > anaerobní laguny – výhodou jsou relativně malé nároky na plochu, čištění ale není dokonalé
 - dochází zde k vyhnívání, dříve také nazývány rybníky, ale nejsou zde žádné ryby
 - u prvních nádrží při sériovém uspořádání - dvojitý vápnění

STABILIZAČNÍ NÁDRŽE A RYBNÍKY

používají se ke zneškodňování až úplnému vyčištění hnilobných odpadních vod za použití různých nádrží rybníčního typu. Na čistícím procesu se podílí bakterie ve vodě i v kalu a další fáze látkového koloběhu.

Kladem rybníků jsou nízké stavební a provozní náklady, k záporům patří hlavně značné nároky na plochu, zápachy v případě anaerobních stavů a nutnost odstraňování usazenin.



KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

- Odvodnění kalu pomocí kalolisu
- Stabilizace kalu v bioreaktoru – anaerobní hnití
- Kyselé a metanové kvašení (někdy též siričné)



KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ



KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

- Vznik kalového plynu - **BIOPLYN**



KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

- Vznik kalového plynu - **BIOPLYN**

KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

- Stabilizovaný kal je možné využít jako hnojivo



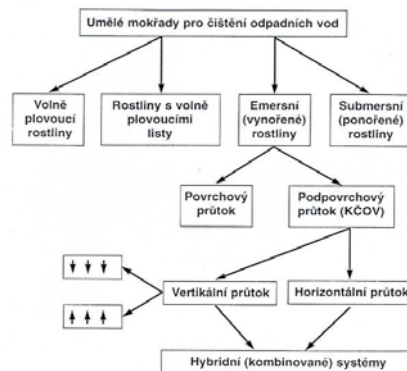
KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ



Přírodní čistírna, která využívá přirozené biochemické procesy, probíhající ve vodním a mokřadním prostředí, k odstraňování znečišťujících látek z vody.

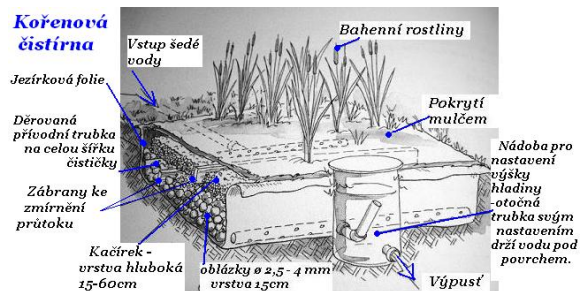
Na 1 obyvatele je počítáno s plochou kolem 5m²

KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ

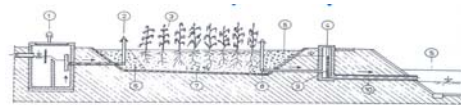


KOŘENOVÉ ČISTÍRNÝ

Kořenová čistírna



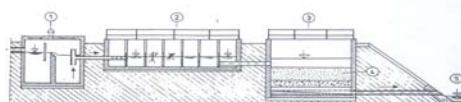
Zdroj: <http://www.priroda.cz>



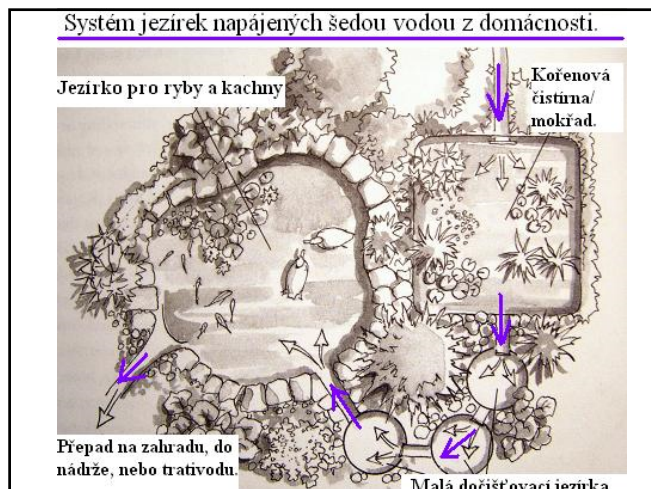
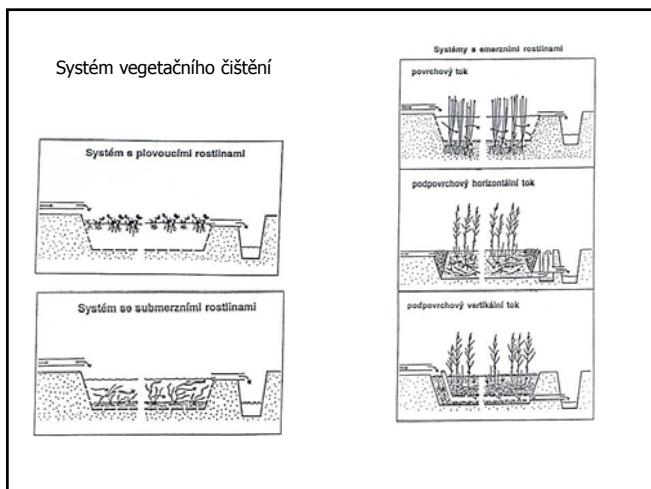
Obr. 87. Schéma malé kořenové čistírny s makrofyty: 1 – septik, 2 – přívod odpadní vody, 3 – kořenová čistírna, 4 – přeliv, 5 – vodní tok, 6 – štrkový filtr, 7 – říšnicí folie, 8 – dren, 9 – odpad, 10 – výust.



Obr. 88. Schéma filtrační nádrže s makrofyty: 1 – přívod odpadní vody, 2 – rondbližovací lačnice, 3 – kořenová čistírna, 4 – regulační přepad, 5 – vodní tok, 6 – říšnicí folie, 7 – dren s filtrem, 8 – odpad, 9 – výust.



Obr. 89. Schéma malé biologické čistírny s plovoucími makrofyty: 1 – septik, 2 – nádrž s plovoucími makrofyty, 3 – pískový filtr, 4 – filtrační náplň, 5 – vodní tok.



Kořenové čistírny

Srovnání vegetačního čištění odpadních vod s konvenční čistírnou

Výhody

- Nízké provozní náklady
- Nízké energetické požadavky
- Mohou být postaveny u zdroje odpadní vody
- Více flexibilní a méně náchylné na náhlé přetížení
- Biomasa se může sklízet na krmivo pro zvířata nebo do kompostu

Nevýhody

- Vyžadují velké zábery půdy
- Není využití pro velké objemy odtoků
- Snížená schopnost provozu v zimě
- Malá kapacita pro odstranění patogenů na výtok
- Mohou být náchylné na vysoké hladiny polutantů (např. toxické kovy)

Monitoring pitné vody

- Na výstupu ČOV průběžná kontrola kvality vody čidla + odběry a laboratorní analýzy
- Ve vodárnách a úpravárnách pitné vody se využívají lososovité ryby či vodní mlži
- Změnou chování či úhynem kontrolních organismů je signalizován problém s kvalitou vody

Související video-ukázky online

- http://www.youtube.com/watch?v=OocKzAowo_0&feature=related
- <http://www.youtube.com/watch?v=f6Uu8CpOn-0&feature=related>
- <http://www.youtube.com/watch?v=61l12rgN0r4&feature=related>
- <http://www.youtube.com/watch?v=9z14l51lSwg&feature=related>
- <http://www.youtube.com/watch?v=qg50NTDFNUM&feature=related>
- <http://www.stream.cz/video/37351-jak-se-co-dela-voda-dil-1>
- <http://www.stream.cz/video/36931-jak-se-co-dela-voda-dil-2>
- **SCHÉMA ČOV – PŘEHLEDNĚ ONLINE**
- <http://www.pglbc.cz/files/chv/COV/schema.html>

VLIV LIDSKÉ ČINNOSTI NA VODNÍ PROSTŘEDÍ



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Miloslav Petrtýl
<http://home.czu.cz/petrtyl/>

NÁPLŇ PŘEDNÁŠKY

Ochrana vodních zdrojů
Spotřeba vody
Nadužívání vodních zdrojů
Eutrofizace
Acidifikace



PRÁVNÍ OCHRANA VODY A VODNÍCH ZDROJŮ

- **Vodní zákon:** č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- (1) Účelem tohoto zákona je **chránit povrchové a podzemní vody**, stanovit podmínky pro **hospodárné využívání vodních zdrojů** a pro zachování i **zlepšení jakosti** povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro **snížení nepříznivých účinků povodní a sucha** a zajistit **bezpečnost vodních děl** v souladu s právem Evropských společenství.
- Účelem tohoto zákona je též přispívat k **zajištění zásobování obyvatelstva** pitnou vodou a k **ochraně vodních ekosystémů** a na nich přímo závisících suchozemských ekosystémů.
- (2) Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, **vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod**, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu **zajištění trvale udržitelného užívání** těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že **znečišťovatel platí**.

PRÁVNÍ OCHRANA VODY A VODNÍCH ZDROJŮ

- **Vyhláška 20/2002 Sb.** o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody
- **Nařízení vlády č.61/2003 Sb.** o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

EU – Ekologický nástroj na hlídání a zlepšování kvality vody

- Rámcová směrnice WFD
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady
- ustavující rámec pro činnost členů EU v oblasti vodní politiky 2000/60/EC
- obsahuje principy ochrany a rozumného užívání vodních ekosystémů, jeho kontroly, a také správních ekonomických nástrojů k realizaci ochrany

- Preambule čl. 1:
- Voda není komerční produkt, ale spíše dědictví, které je potřeba chránit a bránit a tak je s ním třeba zacházet
- V jednotlivých státech existují rozdílné podmínky a potřeby, které vyžadují specifické přístupy řešení
- Tato rozdílnost má být zohledněna při plánování a provádění opatření k zajištění ochrany a udržitelného využívání vod v rámci povodí
- Rozhodnutí mají být přijímána nejbliže místům, kde je voda využívána nebo ovlivňována
- Přednost má být dávana členským státům v rámci jejich kompetencí prostřednictvím návrhů v rámci přizpůsobení místním podmínkám

MANAGEMENT KVALITY VODY

- Ochrana vodních ekosystémů, včetně terestrických ovlivněných hospodařením s vodou a především **mokřadů**
- Udržitelné využívání
- Tlak proti znečišťování
- Ochrana podzemních vod
- Zmírnění účinků povodní a sucha
- Nově – Klimatické změny (povodně)

„BĚŽNÁ“ SPOTŘEBA VODY

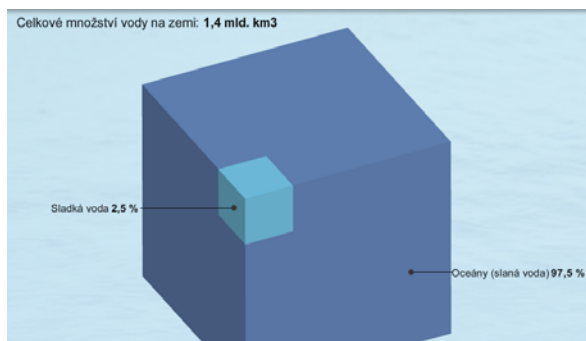
- Často si uvědomujeme pouze vodu použitou k přímé spotřebě
- Využívání vody člověkem má mnoho podob
- Je voda vždy pouze modrá?



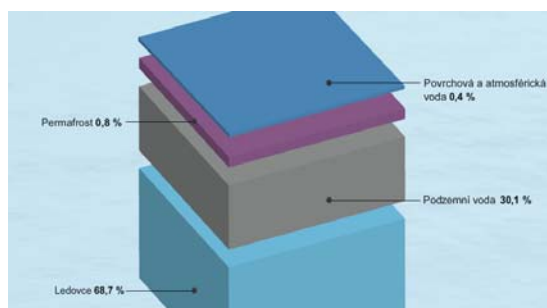
Kresba: Askin Ayrancioglu, Turecko.

VODA – GLOBÁLNÍ PŘEHLED

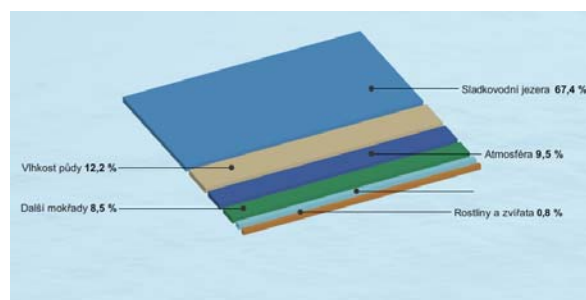
Celkové množství vody na zemi: 1,4 mlrd. km³



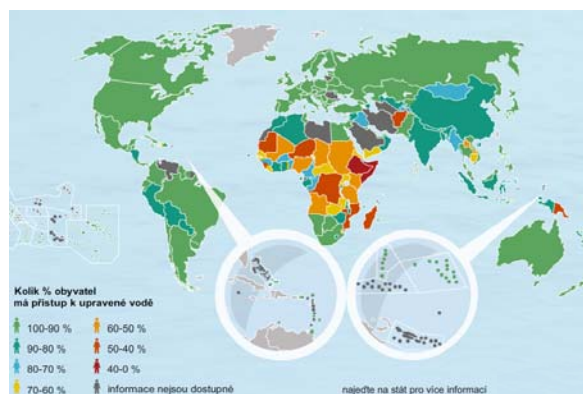
VODA – GLOBÁLNÍ PŘEHLED



VODA – GLOBÁLNÍ PŘEHLED



VODA – GLOBÁLNÍ PŘEHLED



HUSTOTA OSÍDLENÍ



Na modré ploše i na červené ploše žije 5% světové populace.
Distribuce vodních zdrojů nutně odráží hustotu osídlení

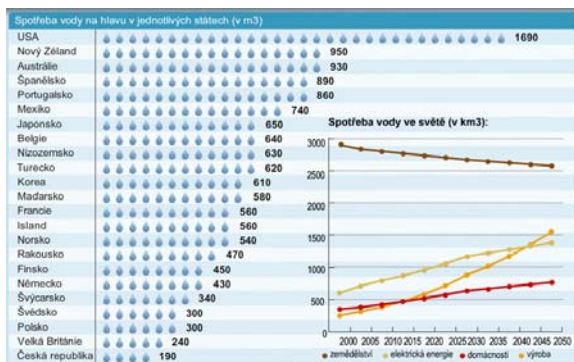
Zdroj: <http://metrocasm.com/>

JAKÁ JE SPOTŘEBA VODY NA OSOBU/DEN?



Illustrations by Robert Zimmerman

VODA – GLOBÁLNÍ PŘEHLED



BARVY VODY

Podle původu se virtuální voda rozlišuje:

- **MODRÁ** – volná voda původem z povrchových zdrojů (řeky, jezera,..) či podzemní voda.
- **ZELENÁ** – půdní vláhna a voda, která je vstřebávána a odpařována rostlinami.
- **ŠEDÁ** – voda, která byla během výrobního procesu znečištěna, nebo jinak znehodnocena.



Více informací či výpočet osobní spotřeby vody lze získat na webu:
<http://www.waterfootprint.org/>

„VODNÍ STOPA“ - WATER FOOTPRINT

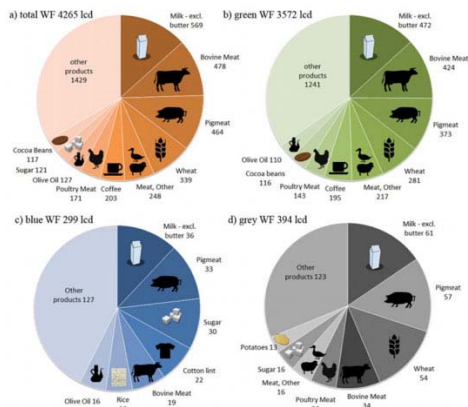
Anthony Allan (1994) zavedl termín „Virtuální“ voda:

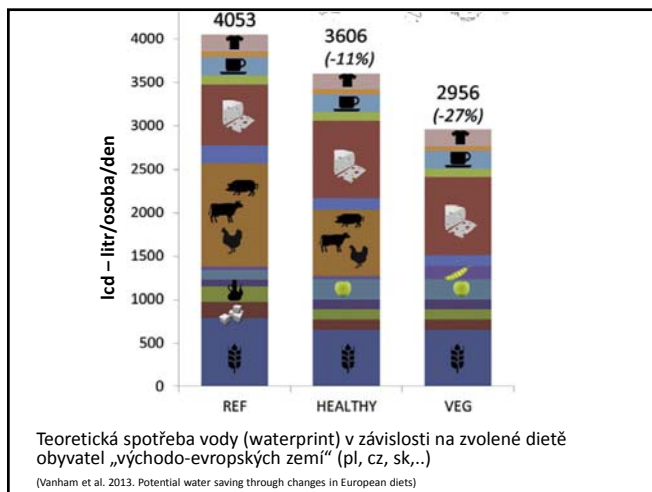
„Množství vody, které bylo použité pro výrobu potravin či ostatních komodit denní spotřeby.“

- Šálek čaje 30 litrů
- Pivo 150 litrů
- Kytice růží 100 litrů (jezera v Keni)
- Chléb (1kg) 1 300 litrů
- Hamburger 2 500 litrů
- Bavlněné tričko 2 700 litrů (Aralské jezero)
- Hovězí (1kg) 15 000 litrů

Započtením virtuální vody se dostáváme na spotřebu přes 4000 litrů/osobu/den

„VODNÍ STOPA“ - WATER FOOTPRINT





ZDROJE PITNÉ VODY V ČR

- Podle údajů Českého statistického úřadu se v roce 2012 na vyrobené vodě podílely:
 - podzemní zdroje celkově 50,21 %
 - povrchové zdroje 49,79 %

Rostoucí ceny vody po roce 1989 vedly domácnosti k šetření specifické množství vody fakturované pro domácnost:

- v roce 1989 171 l/osobu/den,
- v letech 2002 a 2003 103 l/osobu/den
- v roce 2008 94,2 l/osobu/den
- v roce 2011 88,6 l/osobu/den

SPOTŘEBA VODY

- Každý z nás tedy v průměru spotřebuje **100-150 l vody za den**.
- Průměrná cena vody v roce 2013 byla 74 Kč za m³** (vodné: 43 Kč + stočné: 31 Kč)
- Spotřeba v rozvojových zemích**
- Podíl obyvatel bez přístupu k nezávadné vodě

Somálsko	70% populace
Etiopie	62% populace
Papua Nová Guinea	60% populace
Demokratická republika Kongo	54% populace
Sierra Leone	51% populace

ZDROJ: <http://www.unwater.org/statistics.html>

Nežádoucí důsledky lidské činnosti ve volných vodách

- změny průtokového režimu vody (kolísání, odčerpání - továrny, závlahy, regulace pod jezy, i zvýšení stavu)
- Přímé zhoršení kvality vody (chemické, fyzikální, biologické, plošné x bodové, havarijní x dlouhodobé)
 - EUTROFIZACE
 - ACIDIFIKACE
- Stavební úpravy (opevnění koryta, zatrubnění, toku, jezy...) (*viz. předchozí přednášky*)

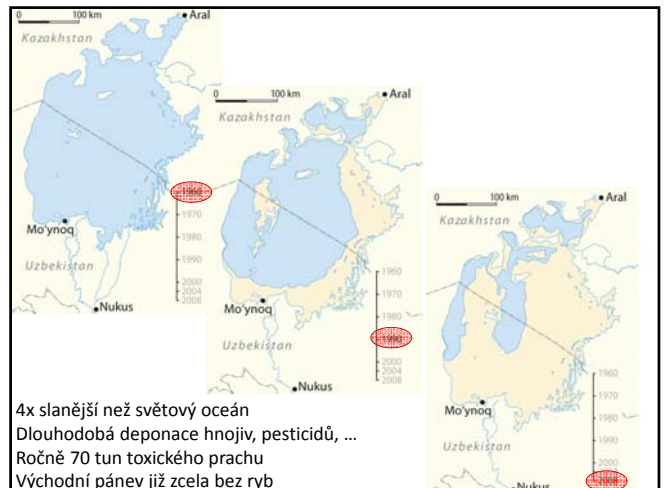
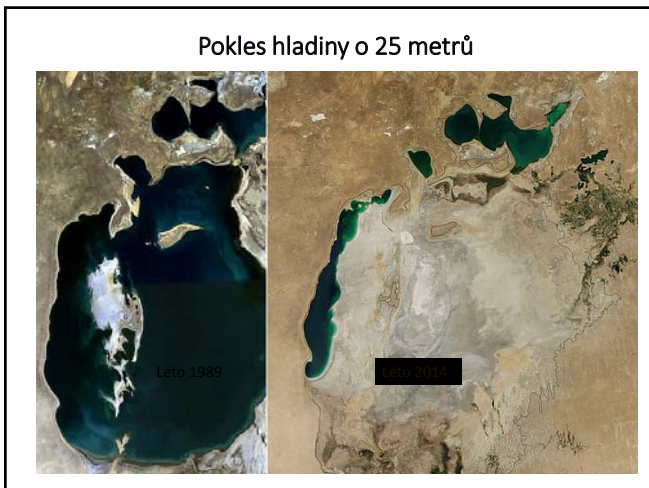
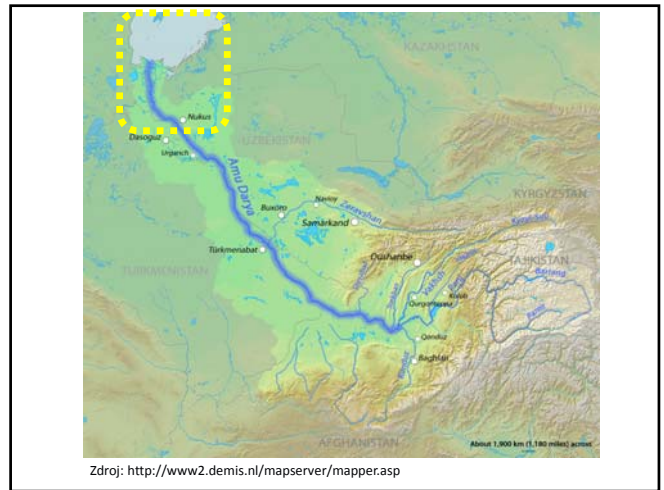
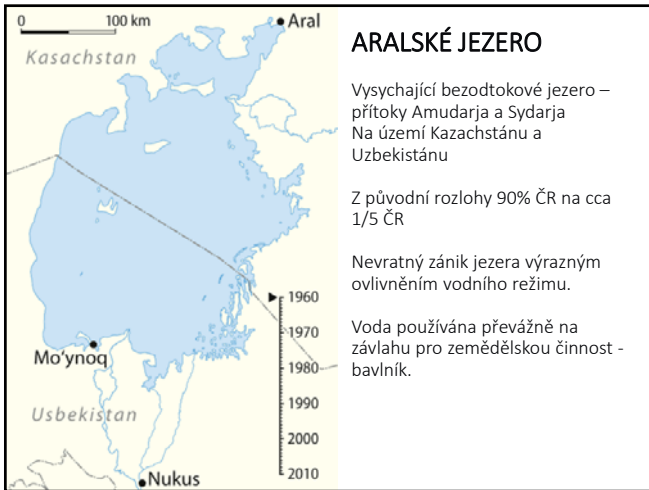
Nežádoucí důsledky lidské činnosti ve volných vodách

- Vhodný management a vhodná technická opatření by měla být základem správného a udržitelného hospodaření s vodou.
- Podmiňovací způsob v předchozí větě je bohužel na místě.
- V mnoha případech dochází k negativním jevům, často nevratným viz následující příklady ☹️...

NEÚMĚRNÉ UŽÍVÁNÍ VODY

Co může vést k celkové devastaci původního ekosystému:

- Nevhodné meliorační zákroky
- Nadměrné čerpání vody za účelem závlahy v zemědělství
- Nadměrné používání chemických látek v blízkosti vodních toků či vodních ploch
- Kombinace všech těchto faktorů



EUTROFIZACE VOD

Neustálé obohacování vody minerálními živinami, které následně zvyšují intenzitu biologických pochodů a vedou k nežádoucí nadprodukci monokultur především a řas.

PŘÍRUSN ŽIVIN VLIVEM LIDSKÉ ČINNOSTI

- **Hlavní úlohu mají: P a N**
- Živiny přírodního původu + splachy ze zemědělství, bodové znečištění, detergenty (prací prášky), ...
- Na **zdvojnásobení** produkce obilovin se v letech 1950-1980 **zdesateronásobila** spotřeba minerálních hnojiv!

EUTROFIZACE VOD

• Biologické důsledky

- změna teplotního režimu
- změna abiotických faktorů (pokles množství O₂)
- změna potravních řetězců
- změna druhového složení organismů – snížení diversity

• Snížená užitná hodnota

- Průhlednost (fotosyntéza!!)
- horší upravitelnost
- toxicita

PŘÍZNAKY ZAČÍNÁJÍCÍ EUTROFIZACE

- Nadměrný rozvoj sinic, řas a rostlin
- Druhově chudá biocenóza fytoplanktonu
- Výskyt typických organismů v planktonu i litorálu
- Snížení průhlednosti a změny barvy vody
- V létě rozkolísání plynů režim (kyslík aj.)
- Kvalitativní a kvantitativní změny fauny dna
- Zvýšení průměrné hladiny živin



KLASIFIKACE VOD PODLE TROFIE (ÚŽIVNOSTI)

• Trofie je vlastnost vodní nádrže odrážející množství rozpuštěných látek ve vodě a jejich vliv na rozvoj vodních organismů

• Oligotrofní vody

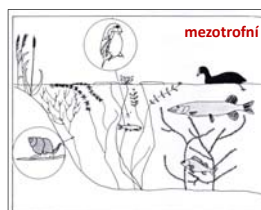
- málo úživné s nízkou zásobou živin

• Mezotrofní vody

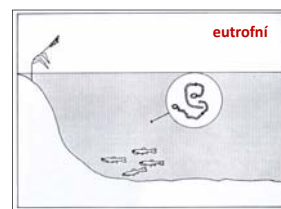
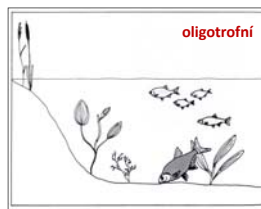
- středně úživné

• Eutrofní vody

- hodně úživné



Optimální pro vysoký stupeň diversity organismů



Rozdíly oligotrofní a eutrofní nádrže - chemismus

	Oligotrofie	Eutrofie
Příklad	Horské jezero, pleso	Nehluboké nádrže v mělčině
Morfologie	Hluboké nádrže, bez mělčin, vždy stratifikované, hypolimnion větší než epilimnion	Nehluboké nádrže s mělčinami, často nestratifikované, hypolimnion malý nebo žádný
Barva vody	Modrá až zelená, bez vegetačního zákalu	Zelená až zelenohnědá, častý vegetační zákal
Průhlednost	Vysoká (metry až desítky metrů)	Nízká (decimetry až metry)
Obsah N a P v zimě	Nízký	Vysoký
Kyslíkový režim	O ₂ i v hypolimniu v dostatku	O ₂ hodně v epilimniu (až přesytení), v hypolimniu často nedostatek
pH	Neutrální až kyselé	Lehce až silně alkalické

Rozdíly oligotrofní a eutrofní nádrže – biotická složka

	Oligotrofie	Eutrofie
Fytoplankton	Chudý na kvantitu, druhově rozmanitý (často zlativky, obrněnky, rozsivky)	Bohatý na druhy i kvantitu. Silné vegetační zákalové rozsivky, chlorokokálních řas a zelených bičíkovců, nebo vodních sinic
Rákosiny	Chudé, úzký pás nebo žádné	Bohaté, široký pás, obsazují všechny mělčiny
Submerzní vegetace	Chudá, často jen vláknité řasy	Bohatá pokud není silný vegetační zákal (často zabírá celou plochu)
Detritus na dně	minimum	Velké množství
Hlubinné sedimenty	Málo nebo chudé na organický podíl	Mnoho, bohaté na organický podíl
Ryby	Převážně lososovitě	Převážně kaprovitě

Vliv na vyšší vodní rostliny

Dobře rostou plovoucí a břehové porosty

- Rozvoj okřehku
 - ten stíní hladinu, blokuje výměnu plynů (kyslíku, sirovodíku), snižuje teplotu vody, odčerpává živiny pro fytoplankton
 - Důsledkem je snížený růst ryb
 - Tento jev je typický pro malé a chráněné vodní nádrže
- Helofyta
 - zmenšují produkční plochu nádrží, urychlují zameňování, znepřístupňují část nádrže starším ročníkům ryb
 - To se projeví nižšími přírůstky na rybí obsádce
- Eutrofizace vede ke stárnutí nádrže – k přeměně v močály a bažiny

Zarůstání hladiny okřehkem



Masový rozvoj sinicového vodního květu má za následek:

- rozkolísání plynového režimu (deficit kyslíku)
- alkalizaci vody (pH 9-11)
- produkci jedovatých zplodin (to vyvolává problémy při koupání, vznikají otravy ryb, dobytek, aj.)

Toxické působení sinic na obratlovce

- akutní otravy
 - křeče pohybového svalstva, dávení, ztráta stability, dušení
 - koně, dobytek, psi, ptáci
- poruchy zažívacího traktu
- alergické reakce – dermatitidy
- onemocnění jater
 - zeslábnost, nechutenství, zimomřivost, zvětšení jater
- aktivátor rakovinných procesů
 - genotoxicita, imunotoxicita, embryotoxicita

Vybrané druhy způsobující otravy

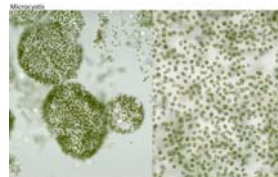
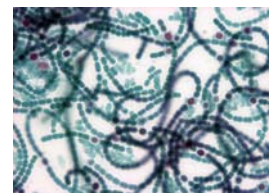
- *Aphanizomenon flos-aque*
- *Anabaena flos-aque*
- *Microcystis aeruginosa*
- *Nostoc*
- *Coelosphaerium*
- *Oscillatoria*
- *Haematococcus*

Symptomy otravy zahrnují:

- **Hypotermii, hyperglykemii, tachykardii a velký počet patologických změn**

PŘÍKLADY SINIC

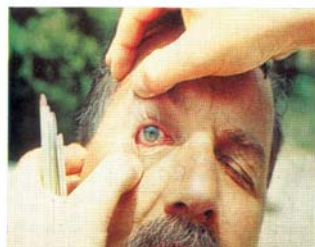
Aphanizomenon, *Anabaena*, *Microcystis*, *Nostoc*



TOXICKÝ ÚČINEK SINIC NA ČLOVĚKA



Obr. 81. Typická vyrážka po kontaktu pokožky při koupání ve vodě s toxickými formami sinic. Údolní nádrž Orlik. (Barev. orig.)
Obr. 82. Zánět spojivek po rekreačním koupání v rybníku s toxickými formami sinic. Nosty-Lednice. (Barev. orig.)



OMEZOVÁNÍ NADMĚRNÉ EUTROFIZACE

- 1. zabránění přísunu živin do nádrže
- 2. zpomalení koloběhu biogenů v nádrži
- 3. odstranění biogenů z nádrží

1. ZABRÁNĚNÍ PŘÍSUNU ŽIVIN DO NÁDRŽE

- splachy z okolních pozemků
 - používat pomalu rozpustná hnojiva, tekutá na list častější aplikace v menších dávkách
 - hnojit chlévskou mrvou (humus váže živiny)
 - odsunout živočišnou výrobu od nádrží a toků
 - u vodárenských nádrží dodržovat ochranná hygienická pásma
- přítokem
 - zjistit zdroj
 - čistit v koncentrovaném stavu
 - předřadit stabilizační nádrže

2. ZPOMALENÍ KOLOBĚHU BIOGENŮ V NÁDRŽI

Usilovat o pevnější vazbu fosforu do sedimentů:

- prostřednictvím makrofyty výsadbou na mělčinách. Tím je regulován i rozvoj sinic v letním období. Např. rákos váže až 357 kg N/ha (tzv. kořenové čistírny)
- Provdzušnění hypolimnia aerátory (velmi nákladné)
- Oxidační prostředí pomáhá blokovat fosfor

3. ODSTRANĚNÍ BIOGENŮ Z NÁDRŽÍ

Odčerpáváním biogenních látek z nádrže

- výlovem biomasy v podobě rybí obsádky (třeba vhodná regulace rybí obsádky)
- sklizením a odstraňováním rostlin
- těžbou sedimentů (velmi nákladné, dotační systémy)
- sací bagry
- Pozor na toxické látky v sedimentech!

Odstranění fosforu z Horusického rybníku (Jižní Čechy)

<https://www.youtube.com/watch?t=8&v=6eDmasbZeKU>

LIKVIDACE „VODNÍHO KVĚTU“

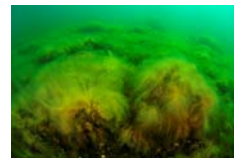
- Vyplavení části biomasy – pro menší nádrže
- Mechanické odstraňování – sítěmi v místech akumulace květu
- Býložravé ryby (tolstolobik) spíše teoreticky
- Asanační opatření – nákladné, účinné jen, je-li současně odstraněn zdroj živin (odbahnění)
- Viry – cyanofágové
- Srážení pomocí hlinitého koagulantu PAX-18
- Algicidy – pesticidy na hubení řas

EUTROFIZACE - LIKVIDACE „VODNÍHO KVĚTU“

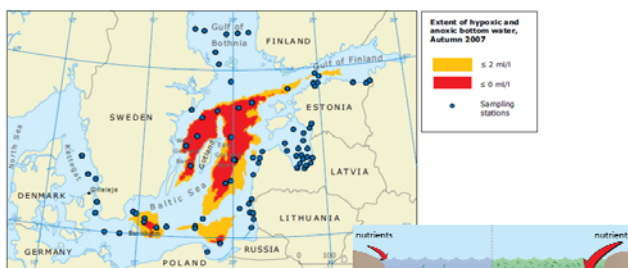
- V podmínkách ČR na mnoha lokalitách:
 - Slapy
 - Orlík
 - Máchovo jezero
 - Hostivařská nádrž
 - ...
- V současné době nejčastější likvidace pomocí přípravku **PAX**

EUTROFIZACE BALTSKÉHO MOŘE

- Za posledních sto let vzrostlo množství fosforu o 800%
- Od 60. let minulého století nárůst přísunu živin
- Celková změna kvalitativních parametrů Baltského moře
 - Uzavřené – nepatrné slapové jevy (odliv/příliv)
 - Relativně mělké
 - Výrazná vertikální stratifikace – pomalá obměna vody



EUTROFIZACE BALTSKÉHO MOŘE



- 1) Nárůst živin
- 2) Namnožení fyto/zooplanktonu i ryb
- 3) Anoxické procesy u dna..
- 4) Nárůst sirovodíků
- 5) „dead zones“ = mrtvé moře

[GE map - odkaz](#)



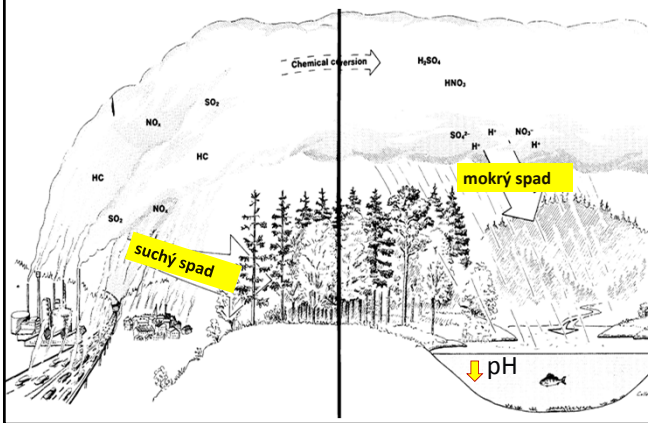
ACIDIFIKACE

- Zvyšování koncentrace vodíkových iontů
- Oxidy S a N
 - Spalování fosilních paliv (emise oxidu siřičitého a oxidů dusíku)
 - Reagují s vodou, mění se na kyseliny a přetrvávají ve formě kapének
 - Lze zmírnit pomocí odsíření, katalyzátorů
- Stoupající kyselost srážek a jejich negativní vliv na životní prostředí
- Nejvíc projeví tam, kde je podloží s malou pufrací schopností (nízká KNK), větší ohrožení horských oblastí

ACIDIFIKACE VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

- V globálním měřítku po roce 1960
- Termín „kyselý déšť“ je známý téměř 150 let (počátek 19. stol.)
- **Hlavní zdroje „acidifikujících polutantů“**
 - Spalování fosilních paliv (emise oxidu siřičitého a oxidů dusíku)
 - Evropská dešťová voda původně pH 5-6, dnes 4,0-4,5 (3)
- Oxidy S a N jsou vymyty buď deštěm (**mokrý spad**) nebo se usazují na vegetaci a vlhkých podkladech (**suchý spad**). V atmosféře se mohou šířit na sta až tisíce kilometrů. Během transportu reagují s vodou, mění se na kyseliny a přetrvávají ve formě kapének
- Celková suma světových emisí antropických polutantů do atmosféry činila v r. 1980 asi 75 – 100 milionů tun síry
- V Evropě jsou v současné době nejvíce postiženy skandinávské země. Např. ve Švédsku je z 85 000 jezer acidifikováno více jak 18 000. U nás jsou acidifikována některá jezera na Šumavě, Vysoké Tatry – asi 130 jezer projevuje známky acidifikace

ACIDIFIKACE VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ



ACIDIFIKACE - FÁZE

- 1) **nedochází k výraznému poklesu pH**
 - dáno vysokou pufrací kapacitou
 - nedochází k změnám ve složení biocenóz
- 2) **dochází k vysokým výkyvům pH během roku – i k pH 5,5**
 - při poklesu obsahu hydrouhlíčitánů – vyčerpán pufrací systém
 - někdy dochází k masovému hynutí ryb
- 3) **pH trvale na hodnotě kolem 4,5 a méně**
 - okyselováním stoupá množství hliníkových iontů ve vodě
 - rozpuštěný hliník je silně toxický a vyvolává masové hnutí organismů
 - zvyšuje se průhlednost vody na 15-20 m
 - převládá malý počet živočichů a rostlin
 - Ryby často zcela zmizí
 - Daří se zde rašeliníku, který vytlačuje ostatní vegetaci a fixuje živiny

ACIDIFIKACE VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

- Snížení počtu planktonních řas, zejména zelených (Chlorophyceae)
- pH pod 5 mají méně než 10 druhů fytoplanktonu a dominantní skupinou jsou zpravidla obrněnky (Dinoflagellata)
- V méně kyselých vodách pH nad 6 dominují zlativky (Chrysophyta) a sinice, často doprovázené rozsivkami rodů *Achnanthes*, *Gomphonema* a *Cymbella*
- Mizí ryby, plži i pijavky

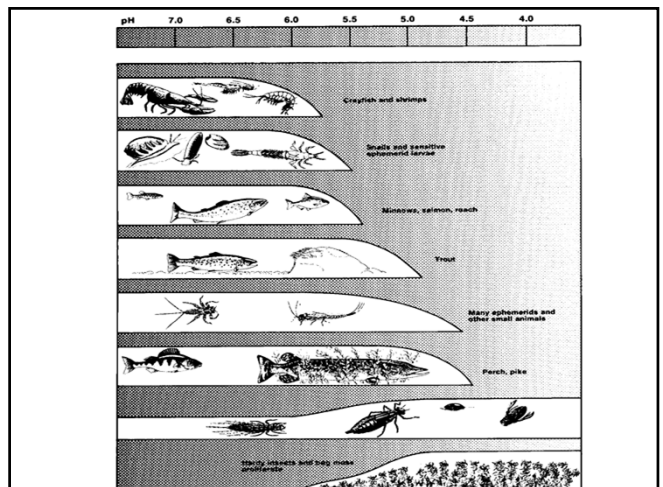
ACIDIFIKACE VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Rostliny a nízké pH

- pH pod 4 dominantními rostlinami rašeliníky *Sphagnum* za současného vymizení většiny fytoplanktonu - zvyšuje průhlednost vody
- pH okolo 5 možná přítomnost játrovek *Scapania undulata* a *Nardia compressa*
- ruducha *Lemanea* od pH 5,8, nižší hodnoty nesnáší, spíše přes 6
- pH 5,6 – 6,2 přítomnost mechu *Fontinalis squamosa*, vyšší hodnoty nesnáší

ACIDIFIKACE VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

- Acidotolerantní bentos
 - pošvatky *Leuctra nigra* (Leuctridae), *Nemurella pictetii* (Nemouridae)
 - chrostík *Pleurocnemia conspersa* (Polycentropidae)
 - některé muchničky *Simulium* (Simuliidae)
 - některé klešťanky (Corixidae)
 - i některé vážky (Zygoptera)
- Acidotolerantní plankton
 - vířníci (*Keratella serrulata*, *Brachionus urceolaris* forma "sericus", *Synchaeta tremula*, *Collotheca pelagica*)



ŠUMAVSKÁ JEZERA

- V 70. letech došlo k razantnímu okyselení šumavských jezer. Jejich vody až do této doby zvládaly přísun okyselujících látek, došlo ale k vyčerpání pufracího systému, což vedlo k masivnímu okyselení.
- pH kleslo až k hodnotě 3,5 což vedlo k vyluhování toxických kovů a úhynu ryb a měkkýšů.
- K okyselení též přispělo kyselé horninové podloží.
- V současnosti dochází k jistému zlepšení, nicméně návrat ryb lze očekávat až v horizontu dalších desítek let.



KANÁL DUNA-ODRA-LABE

- Možné propojení Labe s Odrou a Dunajem pro možnost posílení lodní dopravy tj. vodní cesty.
- Úvahy se objevily už ve středověku, konkrétnější plány se začaly rodit od 19. století. Blízko k realizaci měla tato vodní cesta například ve 30. letech minulého století, z rozsáhlých plánů se na českém území nakonec zrodil alespoň Bařův kanál.
- Silné kontroverze mezi tábory zastánců a odpůrců:
 - Podnikatelské příležitosti
 - Rozvoj infrastruktury
 - „Ekologická“ doprava
- **VERSUS...**
 - Nevratný proces propojení oddělených populací vodních organizmů z různých povodí
 - Velký zásah do krajiny a do mnohých chráněných území
 - Nejistá udržitelnost a finanční návratnost projektu
 - Zřejmě spíše negativní dopad na ekosystémové služby krajiny

KANÁL DUNA-ODRA-LABE

Reálné náklady: několik set miliard Kč



Zdroj: <https://commons.wikimedia.org/wiki/>

ARGUMENTY ZASTÁNCŮ PROJEKTU

10 hlavních přínosů vodního koridoru Dunaj–Odra–Labe



Zdroj: <http://www.d-o-l.cz>

Více informací např. na webu limnologické společnosti:
<http://www.limnopol.cz/cz/menu/15-0-0/voda-v-mediich>

DĚKUJI ZA POZORNOST



<http://kzr.agrobiologie.cz/natural/predmety/hydrobiologie.htm>