

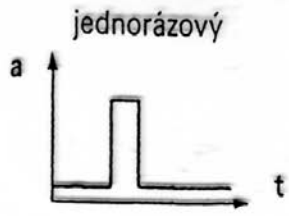
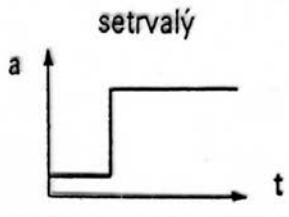

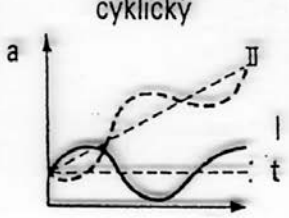
# Stresory v akvatických ekosystémech

Hydromorfologická degradace:  
hydrologické ovlivnění  
degradace morfologie koryta  
fragmentace habitatů

Nadužívání vodních zdrojů  
Klimatické změny  
Obecná degradace

Znečišťování vod  
eutrofizace  
organické znečištění  
toxické znečištění  
acidifikace  
tepelné znečištění



Forma vstupního signálu	Příklady stresorů v ekosystémech	
	suchozemských	vodních
<p>jednorázový</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– požár</li> <li>– jednorázová aplikace pesticidů</li> <li>– katastrofální povodeň</li> <li>– v lese</li> <li>– holoseč</li> <li>– větrný polom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– havarijní únik odpadních vod</li> <li>– katastrofální povodeň</li> <li>– jednorázová otrava hydrobiocenóz</li> </ul>
<p>setrvalý</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– odvodnění zamokřených lokalit</li> <li>– všechny typy extrémní degradace půd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– náhle zvýšená zátěž znečištěním z nového zdroje (odpadní vody nebo teplo)</li> </ul>
<p>stoupající</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– intenzifikace pastevního hospodářství</li> <li>– zvyšování stavu býložravců</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– eutrofizace postupnou výstavbou odvodňovacích systémů a intenzifikací zemědělské výroby v povodí</li> </ul>
<p>cyklický</p> 	<p>I. Sezónní kolísání setrvalé</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kolísání průmyslových imisí (maxima SO<sub>2</sub> v chladném pololetí, O<sub>3</sub> ve vegetační době)</li> </ul> <p>II. Sezónní kolísání se stoupavým trendem</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– stoupající dávky hnojiv</li> <li>– obsah CO<sub>2</sub> v zemské atmosféře</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kampaňové znečištění vod z cukrovarů</li> <li>– stoupající vypouštění odpadních vod v rámci sezónní cykličnosti</li> </ul>



a – intenzita působení  
t - čas

# Faktory ohrožující sladkovodní ekosystémy I.

## Hlavní příčiny a mechanismy způsobující ztrátu biodiverzity:

- **Nárůst lidské populace** - intenzivnější využívání vodních zdrojů
- **Poškození či zničení habitatů**
  - e.g., fragmentace ekosystémů, zanesení bahnem, úbytek litorální vegetace,
  - **zánik, změna a fragmentace stanovišť** – přehrady, kanalizování toků, těžba dřeva, nerostných surovin, využití pro zemědělství, dopravu či lidská sídla
- **Ničení/odvodňování mokřadů** - v minulém století zničena polovina mokřadů na světě
- **Přílišné čerpání vody z toků** - na závlahy v zemědělství, na spotřebu
- **Změny vodního režimu v tocích/nádržích** – průtok, teplota, kyslíkový režim, změny výšky hladiny a přirozeného hydrologického režimu kvůli odběrům vody či výrobě energie
- **Znečišťování půdy, vody a ovzduší**
- **Průmyslové vypusti, splachy** ze zemědělských a městských oblastí
- **Průmyslové zemědělství a lesnictví** – vstup materiálu, živin a polutantů

# Faktory ohrožující sladkovodní ekosystémy II. - snižování biodiverzity

- n Klimatické změny, atd.
- n Povodně a sucha (nedostatek vody, menší naředění = vyšší znečištění)
- n Zanášení bahnem
- n Introdukované invazivní druhy - kompetice s původními druhy
  - konzumují nebo vytlačují původní druhy
  - redukují zdroje potravy pro původní druhy
  - šíření nepůvodních patogenů – malá odolnost původních druhů
- n Nadměrná exploatace rostlinných a živočišných druhů - přehnaný rybolov
- n Hubení škůdců

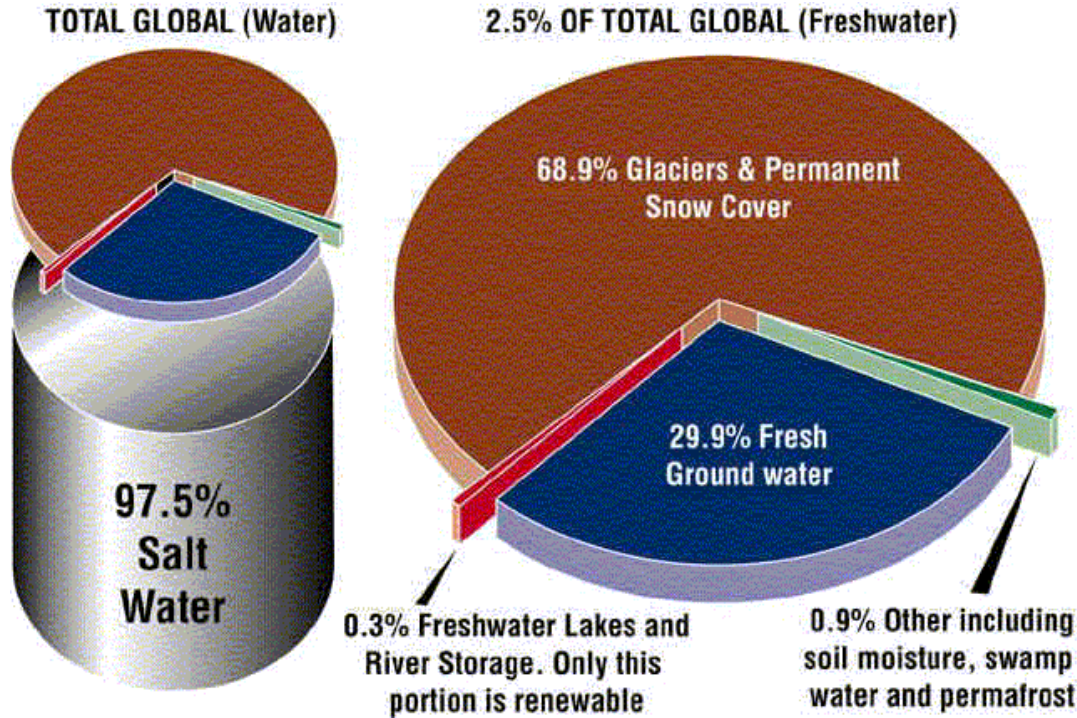
# Nadužívání vodních zdrojů

- **Odběry vody** – snížení průtoků nebo objemu nádrží  
**potřeba:** ze zdroje plus recyklovaná  
**spotřeba:** odpar, voda použitá do výrobku, nebo vracená do vodního prostředí v jiném místě  
**odpadní voda:** vrací se **v místě spotřeby nebo poblíž něho**

## Vlivy odběrů

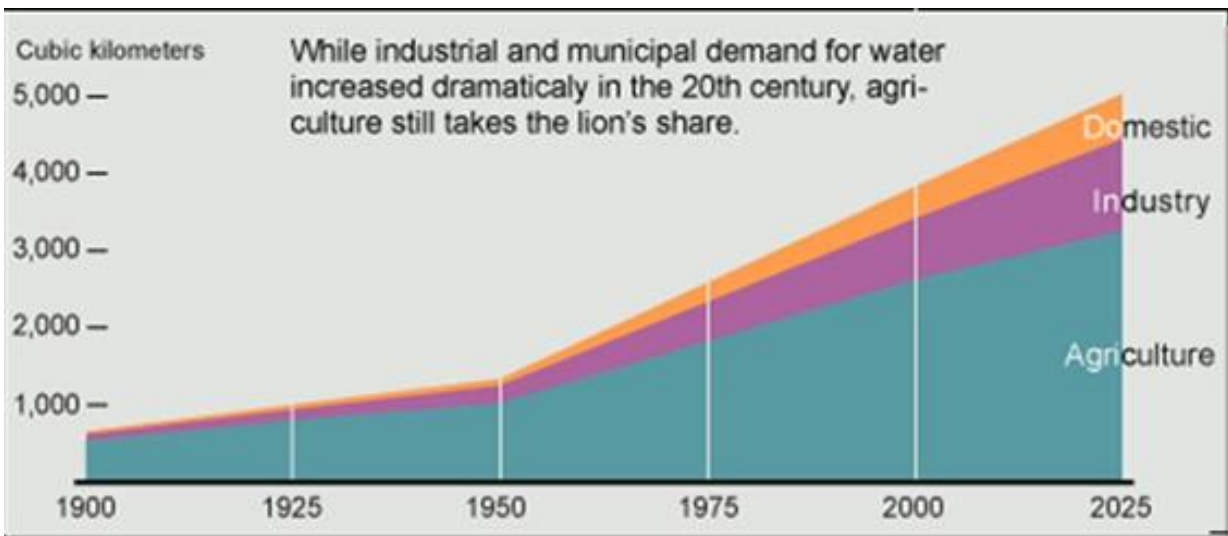
- průmysl: znečišťování, havárie
  - závlahy: zasolování půd, zvyšování salinity v nádržích
  - odběry pitné vody z podzemí – pokles hladiny spodní vody
- Snížené průtoky či objemy zesilují negativní působení dalších vlivů

# Distribuce vody

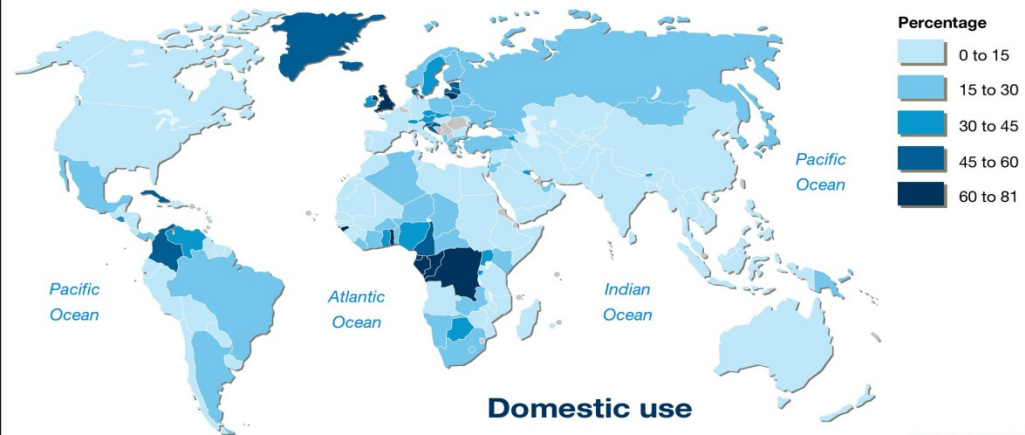
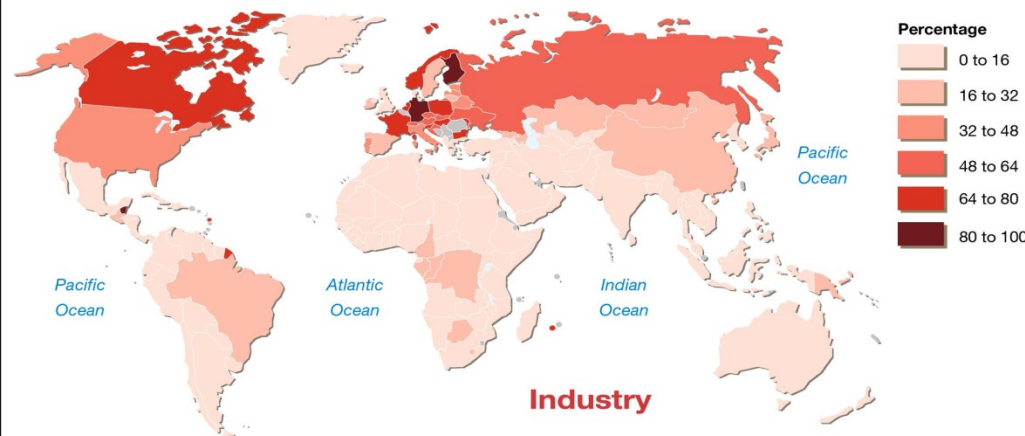
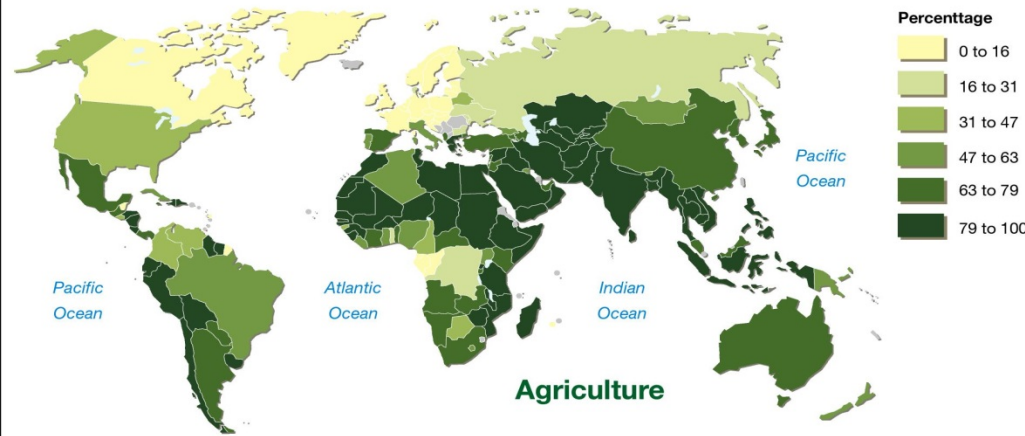


# Sladkovodní ekosystémy

- n 2.5% světových zásob vody je sladkovodních, z toho 99% led či podzemní voda
- n Velká část využívaná pro zavlažování
- n Významné ztráty (odpařování)
- n znečištění – živiny, polutanty

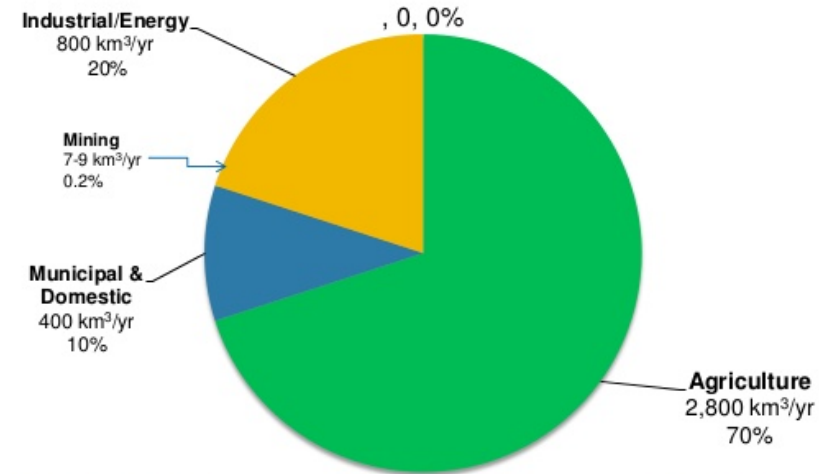


# Spotřeba vody



## Global Fresh Water Withdrawals

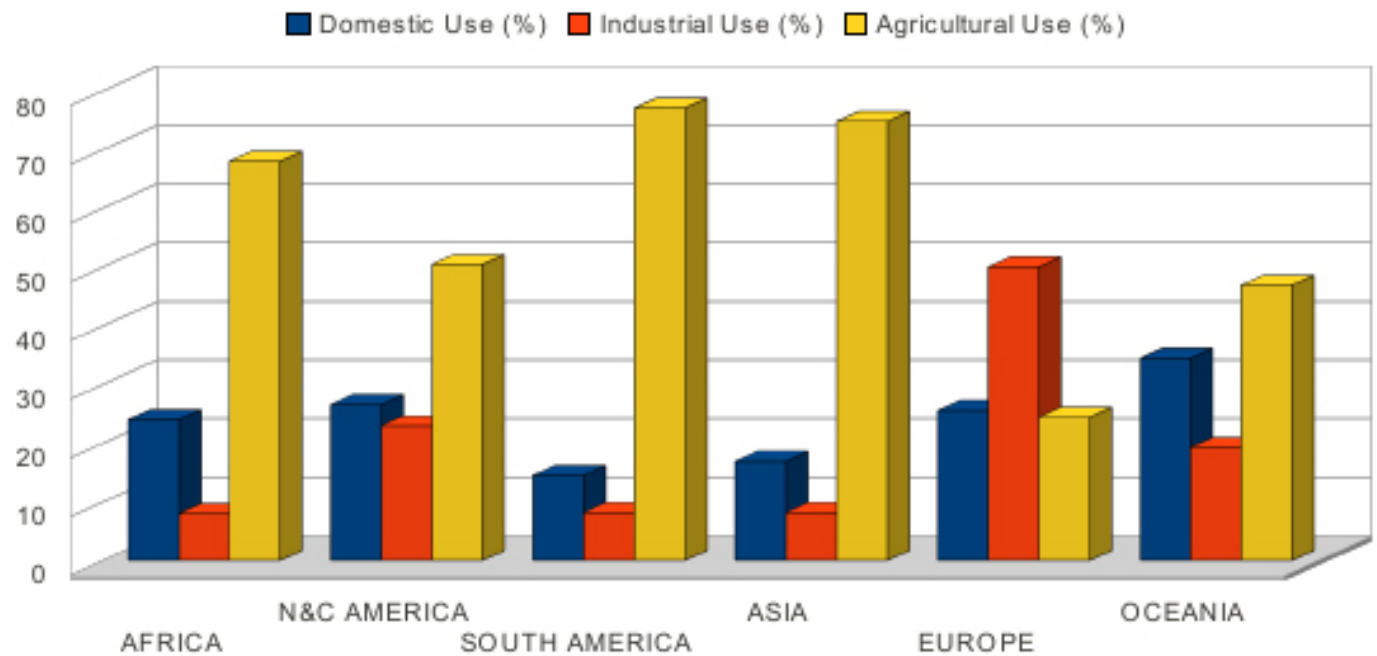
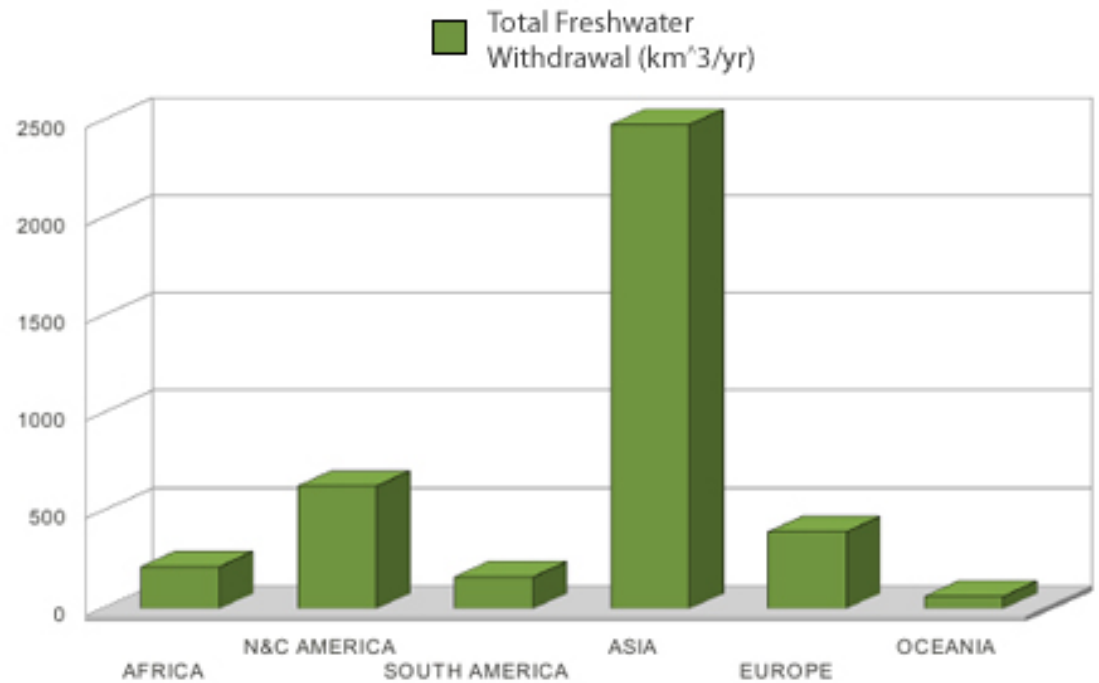
Total global withdrawal approx 4,000 km<sup>3</sup>/yr in 2010



Respeto • Calidad • Sustentabilidad • Innovación



# Odběry vody







# Změny v krajině



- Změny povrchových odtokových poměrů v krajině :  
zemědělství, odlesňování, vysoušení mokřadů (meliorace) a  
výstavba rybníků, scelování pozemků
  - eroze (voda ovlivňuje krajinu, splachy ovlivňují vodní prostředí)
  - změna vodní jímavosti půdy
  - změna objemu a distribuce průtoků
- Změny přirozených průtokových režimů, změna zásob vod v krajině
  - komplexní důsledky pro abiotické podmínky ve vodním prostředí (teplota, chemismus, proudění, hloubka, ztráta habitatů etc.), změny ve společenstvech

# Zadržování vody v nádržích

typ a míra vlivu závisí na velikosti nádrže, manipulaci (odtok z epilimnia/hypolimnia), umístění na toku

- **změna přirozeného průtokového režimu** pod nádržemi (sezónní, denní – energetické špičkování)
- **změny teploty, chemismu, proudění** - změna habitatů, potravní nabídky
- **změna režimu plavenin a splavenin**
  - plaveniny: částice unášené ve vodním sloupci
  - splaveniny: částice posouvané či valené po dně ukládané na určitém místě koryta
- migrační bariéra
- zánik původních biotopů a biocenóz



# Morfologické ovlivňování toků

Regulace toků:

snížení diverzity habitatů, ztráta habitatů

zejména v rámci protipovodňové ochrany – zvýšení kapacity koryta, ochrana zastavěných oblastí, zamezení eroze, změny trasy toku kvůli výstavbě

- napřímení – zrychlení odtoku
- bagrování – splavnost, kapacita koryta
- zaklenutí (zatrubnění)
- opevnění – nejhorší tvrdé opevnění dna
- příčné stavby na tocích
  - narušení migračních koridorů – migrační bariéry (určité řešení: balvanité skluzy, rybí přechody)
  - fragmentace biotopů, populací, ekosystémů
- likvidace břehových porostů (stromy působí problémy při povodních a komplikují údržbu toků) x jejich důležitost a příznivý vliv na zpevnění břehů a omezení eroze při narušování břehů



# Typy znečištění ve vodních ekosystémech



# Globální problémy znečištění vodních ekosystémů

Problémy kvality povrchových vod významné v globálním měřítku

## 1. Živiny (zejména dusík a fosfor)

eutrofizace vodních nádrží i moří

kyslíkový deficit, rozvoj škodlivých cyanobakterií, úbytek ryb

## 2. Mikrobiální patogeny a jiné přenašeče chorob

bakterie, viry, prvoci

živočišní přenašeči nemocí (e.g., hmyz)

## 3. Persistentní organické polutanty

kontrolované chemikálie: PCBs, chlorované pesticidy a rozpouštědla

vedlejší produkty desinfekce: halometany a haloctové kyseliny

nově zjištěné polutanty: (většinou spojeny s použitím výrobků, které je obsahují), polybromované difenyletery (zpomalovače hoření), perfluorované látky (PFOS)

# Globální problémy znečištění vodních ekosystémů

## 4. Neregulované, ne- (nebo málo) persistentní bioaktivní spotřební látky:

farmaceutika, kosmetické látky, detergenty, endokrinní disruptory, antibiotika

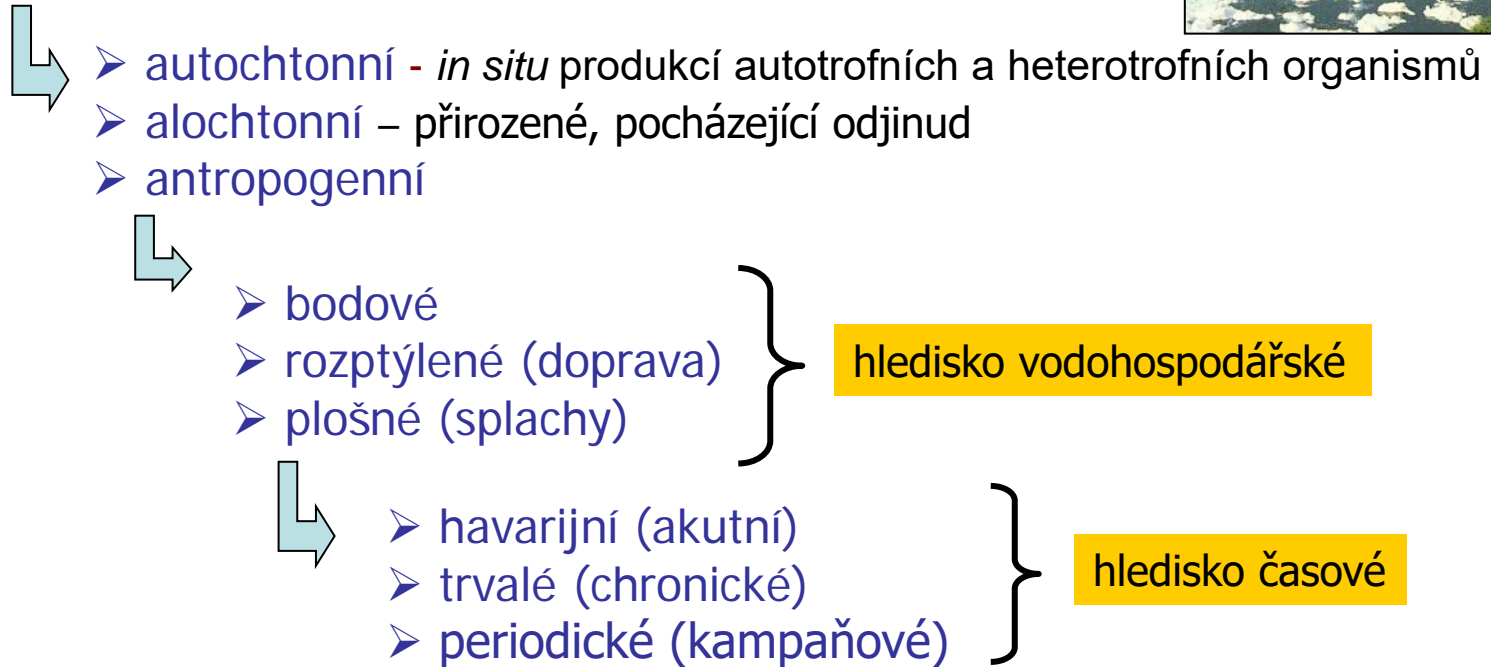
## 5. Těžké kovy a jejich sloučeniny:

arsen, olovo, chrom, rtuť

## 5. Makro- a mikroplasty

# Znečištění

z praktického hlediska - každá změna přirozených fyzikálních a chemických vlastností vody, která snižuje jejich kvalitu se zřetelem k použitelnosti



## Rozdělení podle lokalizace

### Místní (bodové) úniky znečišťujících látek

- kontaminující látky, které do vody proniknou při jejich přepravě (potrubí nebo nádrž)
- vypouštění odpadních vod z čistíren, a továren, nebo z měst při prudkých deštích.

### Rozptýlené/plošné znečištění

- rozptýlená kontaminace
- nepochází z jednoho konkrétního zdroje
- často jde o souhrnný účinek malého množství kontaminujících látek na velké ploše (přívalové deště)

# Přirozené (alochtonní/autochtonní) zdroje znečištění

- eroze břehu, sesuvy půdy
- zakalení po silném dešti
- sopečná činnost
- vyplavování toxických látek vznikajících při geologické činnosti z podloží
- životní pochody rostlin (opad listí) a živočichů (exkrementy)
- větší množství současně uhynulých organismů – rozkladné procesy odumřelých těl
- zvyšování teploty vody v důsledku vysychání v období snížených vodních srážek
- okyselení výplachem z rašelinišť a tajícího sněhu





# Antropogenní znečištění - zdroje kontaminace

## Zdroje organických znečišťujících látek

- Čistící prostředky
- Dezinfekční přípravky jsou v chemicky dezinfikované vodě jako je pitná voda. Jde například o chloroform
- Odpady ze zpracování potravin, které mohou obsahovat organické zbytky, tuky a maziva
- Insekticidní a herbicidní přípravky
- Ropné deriváty a organické uhlovodíky, včetně paliv (benzin, nafta, letecké palivo, a topný olej) a maziv (motorové oleje) a vedlejší produkty hoření
- Odpady po přívalových deštích.
- Zbytky stromů a keřů z dřevozpracujícího průmyslu.
- Těkavé organické sloučeniny (např. aromatické uhlovodíky) jako jsou průmyslová rozpouštědla, v důsledku nevhodného skladování.
- Chlorovaná rozpouštědla, které jsou těžší než voda a mohou klesnout až na dno nádrže, nejsou schopny se smíchat s vodou a jsou hustší.
- Různé chemické sloučeniny užívané v osobní hygieně, kosmetice.

## Zdroje anorganických znečišťujících látek

- Zvýšení kyselosti způsobené emisemi (kyselý déšť) z průmyslových závodů (oxid siřičitý z elektráren)
- **Amoniak** z rozkládajícího se odpadu z potravin
- Chemické odpady jako průmyslové produkty
- Hnojiva s obsahem **živin** - dusičnany a fosforečnany které unikají se srážkami ze zemědělství
- **Těžké kovy** z motorových vozidel
- Nánosy po výstavbě, vypalování nebo čišťení pozemků.

## Makrostrukturní znečištění

- Znečištění velkými viditelnými složkami znečišťujícími vodu (trosky, komunální odpad)
- Odpadky, jejich části (např. papír, plasty, nebo potravinářské odpady, mikroplasty) v odpadních vodách, smývané srážkami
- Vraky lodí

## Tepelné znečištění

## Mikrobiální znečištění (patogenní zárodky)

**Tepelné znečištění** = nárůst nebo pokles teploty vody způsobené lidským vlivem

- vypouštění oteplených vod - využití vody jako chladící směsi v elektrárnách a průmyslových provozech
- i městské odpadní vody mohou zvýšit teplotu v povrchových vodách
- hlubinné důlní vody, výtoky z nádrží – např. vypouštění velmi studené vody na dně nádrží do teplejších řek
- vliv na obsah kyslíku ve vodách a další fyz.-chem. ukazatele - zvýšená teplota vody způsobuje pokles hladiny kyslíku a ovlivňuje ekosystém
- důležitá je distribuce vypouštění v čase (nepřirozené vyrovnání nebo nepřirozené kolísání teplot)

**Acidifikace** = okyselování vod

- Problém především 2. poloviny 20. století – přetrvává dodnes
- Příčina: kyselá dešť (oxid siřičitý a NO<sub>x</sub> ze spalování fosilních paliv do ovzduší – dešťová voda má pH 4-4,5 namísto 5-6).
- Nejdříve úbytek hydrouhličitánů, ztráta pufrační kapacity vody, pak nárůst koncentrace hliníku – toxický vliv na hydrobionty.
- Dojem čisté vody, nízká druhová bohatost.
- Problém se zesiluje v oblastech s kyselým podložím (např. žula)
  - ovlivnění teploty a pH vodních ekosystémů
  - kvalitativní i kvantitativní změny společenstev
  - vliv na rychlost vývoje, reprodukci
  - vymizení citlivějších druhů

# Zdroje znečištění vodních ekosystémů

## Splachy ze zemědělství

## Splachy ze znečištěných povrchů

## Dálkový transport, kyselá dešť

## Odpadní vody

1. městské (splaškové)
2. průmyslové (+ odpadní vody ze zemědělských závodů)

### Odpadní vody

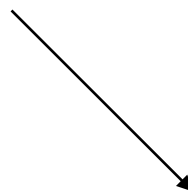
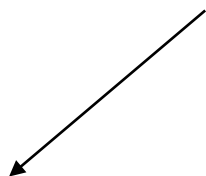
- hnilobné
- toxické
- s anorganickými kaly
- s tuky, oleji a ropnými látkami
- oteplené
- radioaktivní
- s patogenními mikroby
- kyselá důlní vody

### Rozdělení podle specifického zdroje

- zemědělství
- doprava
- těžba
- průmyslová výroba a skladování
- služby
- přirozené zdroje

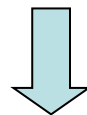
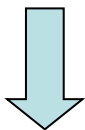


# POLUTANTY



Degradovatelné  
(nízká rezistence k rozkladu)

Persistentní  
(vysoká rezistence k rozkladu)

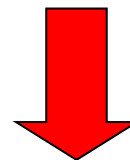


- krátkodobý výskyt
- různá toxicita
- rychlá-střední degradabilita

- dlouhodobý výskyt
- obvykle toxické
- velmi nízká degradabilita
- kumulace v sedimentech či tkáních



Samočištění vody  
x pseudo-persistence?



**Tendence k biomagnifikaci !!!**

# ORGANICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ



lehce odbouratelné organické látky

nejstarší a dosud nejrozšířenější typ znečištění

Organické znečištění = velké množství organických látek, které slouží jako substrát pro mikroorganismy, vstupuje do vod

přírodní

antropogenní

komunální splaškové vody, zemědělství, potravinářský (cukrovary, pivovary), papírenský a textilní průmysl

Rozložitelné organické znečištění - velké množství suspendovaných látek, které tím, že sedimentují, mění charakter substrátu (říčního dna)  
- zvyšují turbiditu vody a **redukují dostupnost světla** pro fotosyntetizující organismy

- rozklad organických látek - spotřeba kyslíku, až anaerobní stavy
- ovlivňuje organismy snížením obsahu dostupného kyslíku

# Samočištění vod

Organické znečištění je kontinuálně eliminováno aktivitou mikroorganismů - procesy, které napodobujeme v ČOV.

Toto samočištění **vyžaduje dostatečné koncentrace kyslíku a zahrnuje rozklad komplexních organických molekul na jednoduché anorganické sloučeniny.**



Naředování, sedimentace a sluneční záření...



**Přisedlé mikroorganismy v toku** (biofilmy) hrají důležitější roli v samočištění než volně suspendované organismy ve vodním sloupci.

# Parametry kvality vody

- Teplota vody
- pH
- Obsah kyslíku
- Elektrická vodivost
- Obsah různých iontů
- Obsah minerálních látek
- Obsah anorganických i organických polutantů
- Obsah mikrobů



- **BSK – biologická spotřeba kyslíku** = množství kyslíku spotřebované mikroorganismy pro rozklad organických látek za aerobních podmínek
- udává **obsah rozložitelných organických látek** ve vodě (oleje, cukry, tuky, bílkoviny)

$BSK_5$  = vyjadřuje spotřebu kyslíku za 5 dní na biochemickou oxidaci biologicky rozložitelných látek mikroorganismy, které jsou přítomné v dané odpadní vodě

- $BSK_5$  se používá jako míra koncentrace biologicky rozložitelných látek
- **CHSK – chemická spotřeba kyslíku** = obsah chemicky oxidovatelných látek ve vodě - spotřeba kyslíku potřebná k oxidaci všech látek - stanovení míry znečištění vody organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami.

Úplné oxidace se dosahuje roztokem dichromanu draselného, roztokem manganistanu draselného se stanovuje pouze obsah snadno oxidovatelných látek.

hodnota  $CHSK_{Cr}$  zahrnuje tedy i látky biologicky nerozložitelné

- Biologická a chemická spotřeba kyslíku se udávají v **mg na l vody**.

Měření BSK používáno pro srovnání „síly znečištění různých odtoků (odpadních vod)“. Obvykle měříme znečišťující kapacitu vyjádřenou spotřebou kyslíku mikroorganismy degradujícími organické látky obsažené v odpadní vodě.

Čím vyšší je BSK odpadní vody, tím vyšší je potenciál pro redukci kyslíku v recipientu.

Typické hodnoty BSK pro splaškové odpadní vody jsou mezi **250-350 mg.l<sup>-1</sup>**. BSK čisté, neznečištěné vody dosahuje  $\leq 3 \text{ mg.l}^{-1}$ , zatímco silně znečištěná voda může dosáhnout hodnot až **10<sup>3</sup> mg.l<sup>-1</sup>**.

#### CHSK

- Pitné vody ~ 6 mg.l<sup>-1</sup>
- Splaškové vody ~ stovky mg.l<sup>-1</sup>
- Odpadní vody z potravinářského průmyslu ~ tisíce mg.l<sup>-1</sup>

**Poměr BSK<sub>5</sub>: CHSK** indikuje zastoupení biodegradabilních látek.

poměr > 0.5, odpadní voda obsahuje primárně biologicky odbouratelné látky

**Příklady:** odpadní vody ze škrobáren (poměr 0.57), pivovarů (0.64) a cukrovarů (0.70).



# Saprobita - soubor vlastností a biologický stav vody, vyvolaný přítomností biologicky rozložitelných organických látek (biochemický rozklad, činnost destruentů)

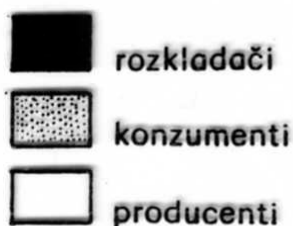
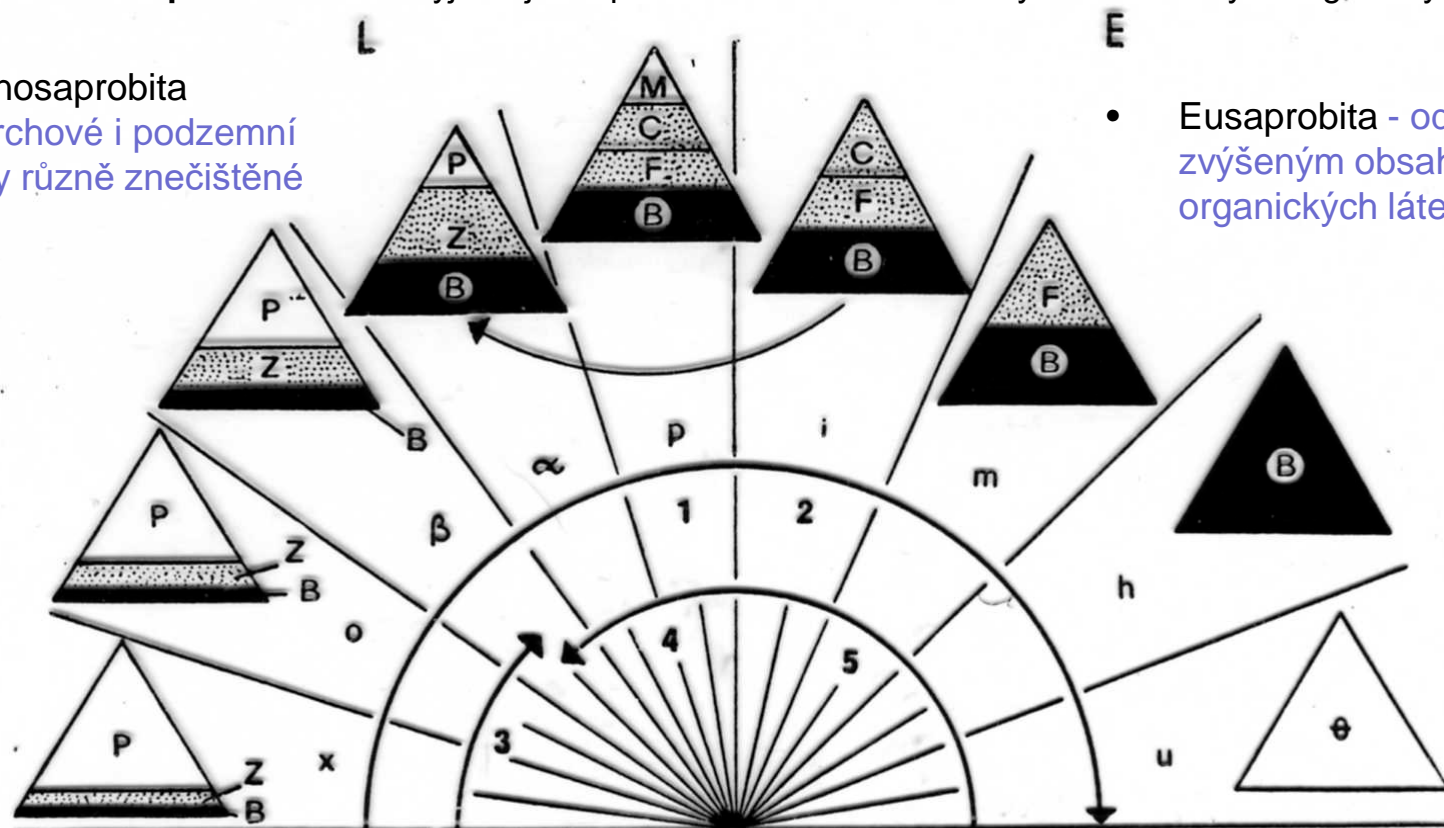
## Saprobni systém

- systém třídění stavu znečištění vod podle zastoupení saprobních organismů
- v rozdílně znečištěných vodách žijí různé organismy, které se podílejí na rozkladných procesech
- založen na toleranci jednotlivých indikačních druhů ke stupni znečištění vody lehce odbouratelnými organickými látkami

**Saprobni index** – vyjadřuje stupeň znečištění biochemicky odbouratelnými organickými látkami

- Limnosaprobita  
povrchové i podzemní vody různě znečištěné

- Eusaprobita - odpadní vody se zvýšeným obsahem organických látek



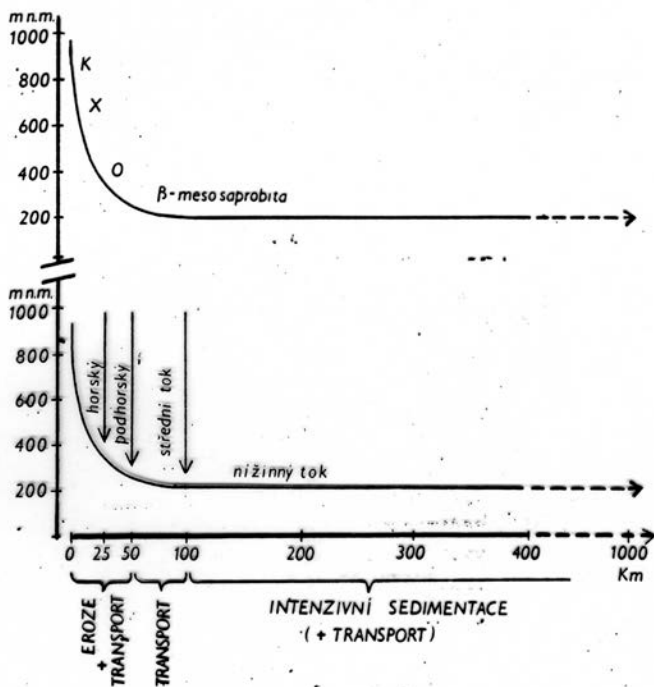
Obr. 243. Struktura společenstev v různých saprobních hladinách. X — xeno-, O — oligo-,  $\beta$  — betamezo-,  $\alpha$  — alfamezo-, p — poly-, i — iso-, m — meta-, h — hyper-, u — ultrasaprobita. B — bakterie, F — bezbarví bičíkovci, C — nálevníci, M — mixotrofní bičíkovci, Z — zooplankton a jiná zvířata, P — fytoplankton a jiní producenti, L — limnosaprobita, E — eusaprobita. (Sládeček, 1972.)

nejčistší vody, slabé oživení -  
podzemní vody, prameny

## Saprobni stupně

Indikace: BSK<sub>5</sub> – biologická  
spotřeba kyslíku

## Přirozená saprobita



S	Saprobita	Rybí pásma	O <sub>2</sub>	BSK <sub>5</sub>	Zoobentos	Ekologická pásma
0,0			9	0		
	xenosaprobita	bez ryb			Ameletus	eukrenon hypokrenon
0,5	lepší oligosaprobita	pstruh	8	1	Rhithrogena	epirhithron
1,0	horší oligosaprobita	lipan	7	1,7	Ecdyonurus	metarhithron
1,5	lepší beta-mezo-saprobita	parma	6	2,5	Oligoneuriella	hyporhithron
2,0			5	3,7		
2,2	horší beta-mezo-saprobita	vodárenské toky ostatní toky cejn		4,0	Palingenia (Ephemera) (Ephoron)	epipotamon metapotamon
2,5	lepší alfa-mezo-saprobita	cejn	4	5	Herpobdella	—
3,0			3	7,5		
3,2		připustné znečištění nepřipustné znečištění kaprovité		8,0	Herpobdella	—
3,5	lepší polysaprobita	přežívá kapr karas lín	2	10	Tubifex Limnodrilus	—
4,0	horší polysaprobita	přežívá kapr karas lín	1	30	Tubifex Limnodrilus	—
4,5	mikroaerobie anaerobie odp. vody		0,1 0,0	50		

## Biologická rozložitelnost organických látek

<b>Biologicky dobře rozložitelné</b>	<b>Biologicky obtížně rozložitelné</b>
Nízkomolekulární látky	Vysokomolekulární látky
Nízké koncentrace	Vysoké koncentrace
Alifatické sloučeniny	Aromatické sloučeniny
Nenasycené sloučeniny	Nasycené sloučeniny
Sloučeniny bez terciárního uhlíku	Sloučeniny s terciárním uhlíkem
Méně substituované látky	Více substituované látky

## Kategorie polutantů vyskytujících se ve vodách

Kyseliny a zásady

Anionty (např. sulfidy, sulfáty, kyanidy)

Detergenty

Splašky a zemědělská hnojiva

Polycyklické aromatické uhlovodíky a jejich deriváty

Plyny (např. chlor, amoniak)

Organochlorované látky

Kovy (např. Cd, Zn, Pb, Hg)

Živiny (zejména fosfáty a dusičnany)

Oleje a olejové disperzanty

Organické toxické odpady (např. formaldehyd, fenoly)

Pesticidy

Farmaka, nové typy polutantů – nanočástice, mikroplasty

Radionuklidy

Patogeny