

# Stresory v akvatických ekosystémech

Hydromorfologická degradace:

- hydrologické ovlivnění

- degradace morfologie koryta

- fragmentace habitatů

Nadužívání vodních zdrojů

Klimatické změny

Obecná degradace

Znečišťování vod

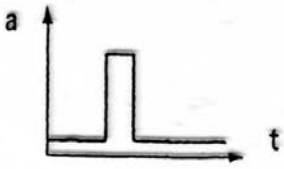
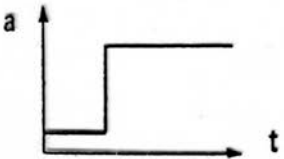
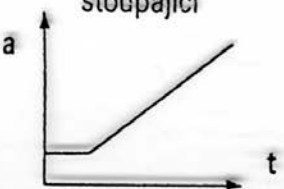
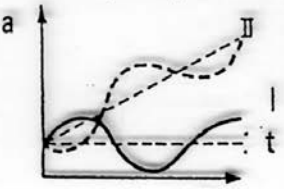
- eutrofizace

- organické znečištění

- toxické znečištění

- acidifikace

- tepelné znečištění

Forma vstupního signálu	Příklady stresorů v ekosystémech	
	suchozemských	vodních
<p>jednorázový</p>  <p>a</p> <p>t</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>  <p>a</p> <p>t</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>  <p>a</p> <p>t</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>a</p> <p>t</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

# 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

# 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

# Nadužívání vodních zdrojů

- 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 různé 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



# Vliv lidské činnosti na rybníky

- Vápnění – desinfekce, urychlení mineralizace
- Vysekávání porostů – zvětšení prostoru pro ryby, úbytek habitatů...
- Vyhrnování dna - zvětšení prostoru, likvidace bentosu
- Hnojení a krmení – cílem je zvýšení produktivity
- Zimování (ponechání rybníků přes zimu bez vody pro provzdušnění dna a urychlení mineralizace org. látek) a letnění (během vegetačního období alespoň částečně bez vody) rybníků – vypuštění rybníků s cílem zlepšení sktruktury substrátu dna, likvidace porostů mikro- i makrofyt, parazitů.
- Pesticidy, léčiva pro ryby, koagulanty – ovlivnění i necílových organismů, celého ekosystému - selektivně ovlivňují složení bioty, některé kumulace v biomase
- Lépe mechanické zásahy (vysekávání makrofyt, aerace, stínění...)

# Oteplování vodních ekosystémů

## Místní vlivy

- 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
- Vazba na obsah kyslíku ve vodách a další fyz.-chem. ukazatele - zvýšená teplota vody způsobuje pokles hladiny kyslíku a ovlivňuje ekosystém
- Významná je distribuce vypouštění v čase (nepřirozené vyrovnaní nebo nepřirozené kolísání teplot)
  - Kvalitativní i kvantitativní změny společenstev, vliv na rychlost vývoje, reprodukci, vymizení citlivějších druhů.



# Klimatické změny

Globální vlivy – klimatické změny (předpokládané)

- změny (nárůst?) teploty vzduchu
- změny chodu teplot
- změny srážkového režimu
- různé scénáře vývoje klimatu podle různých modelů

## • Důsledky pro akvatické ekosystémy:

- změny teploty vody (korelováno s T vzduchu)
  - vazba na průtoky, na využití půdy v povodí
  - vliv na intenzitu fyz.-chem., chemických, biochemických a biologických procesů ve vodním prostředí
- změny hydrologického režimu a morfologie toků
  - rozkolísané průtoky – povodně, nízké průtoky, sucho
  - korytotvorné průtoky, plaveniny, splaveniny
  - vztah k jakosti vody: zhoršení/zlepšení
  - vytváření a zanikání habitatů
- změny fyzikálně-chemických a chemických vlastností vody
  - ve vazbě na předchozí body – saprobita, trofie, toxicita, acidifikace

# Klimatické změny

## Předpokládané odezvy

- změny v druhovém složení - vymizení druhů z určité oblasti – vyhynutí, změny areálů
- změny ve funkčním složení – geologické a environmentální faktory včetně klimatických – působí hierarchicky na různých škálách – selekce druhů s vhodnými vlastnostmi
- podél environmentálních gradientů existují rozdíly v morfologických, behaviorálních, fyziologických vlastnostech druhů
- tedy: v regionech s různým klimatem je biota s různým taxonomickým i funkčním složením

**Změna klimatu – změna bioty též z hlediska funkční struktury.**

**Předpoklad: funkční struktura méně citlivá než druhové složení.**

**funkční struktura** = struktura daná rozložením skupin organismů (producenti, konzumenti, destruenti) je jejich funkcí v rámci ekosystému

# Typy znečištění ve vodních ekosystémech



# Znečištění

Jako znečištění lze z praktického hlediska chápat každou změnu přirozených fyzikálních a chemických vlastností vody, která snižuje jejich kvalitu se zřetelem k použitelnosti



- autochtonní
- alochtonní



- bodové
- rozptýlené (doprava)
- plošné (splachy)
- zbytkové
- druhotné



hledisko vodohospodářské



- havarijní (akutní)
- trvalé (chronické)
- periodické (kampaňové)



hledisko časové



# Přirozené (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

# Kontaminace vod

## Rozdělení podle lokalizace

### Místní 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 znečištění

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

## Rozdělení podle povahy znečištění

- znečištění půdními a jílovitými částicemi -např. následkem eroze
- eutrofizace
- toxickými látkami
- anorganickými průmyslovými kaly
- průmyslovými tuky a oleji
- radioaktivitou
- teplem
- mikrobiálním znečištěním (patogenními zárodky)

## Rozdělení podle specifického zdroje

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

# 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

# Další zdroje kontaminace

## Organické znečišťující látky

- 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 přivalových 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.

## Anorganické znečišťující látky

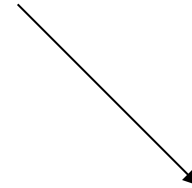
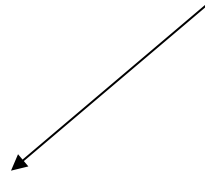
- Zvýšení kyselosti způsobené emisemi (kyselý déšť) z průmyslových závodů (oxid siřičitý z elektrárny)
- Amoniak z rozkládajícího se odpadu z potravin
- Chemické odpady jako průmyslové produkty
- Hnojiva s obsahem živin - dusičnany a fosforečnany které unikají se srážkami ze zemědělství
- Těžké kovy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

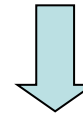
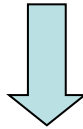


# POLUTANTY



Degradovatelné  
(nízká rezistence k rozkladu)

Persistentní  
(vysoká rezistence k rozkladu)

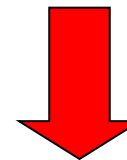


- krátkodobý výskyt
- různá toxicita
- rychlá-střední degradabilita

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



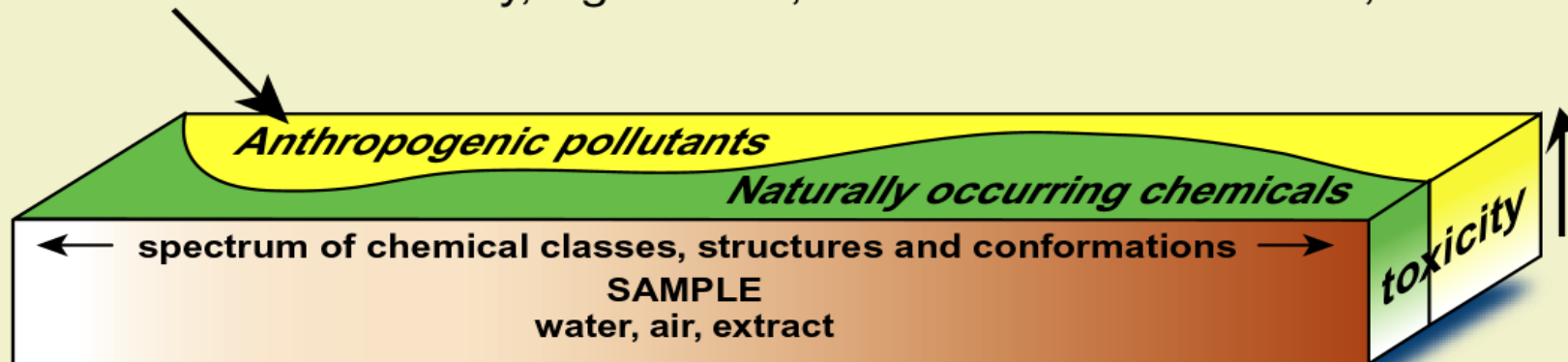
Samočištění vody



Tendence k biomagnifikaci !!!

# Universe of Chemicals in the Environment

Sources: Industry, Agriculture, Household Maintenance, PPCPs

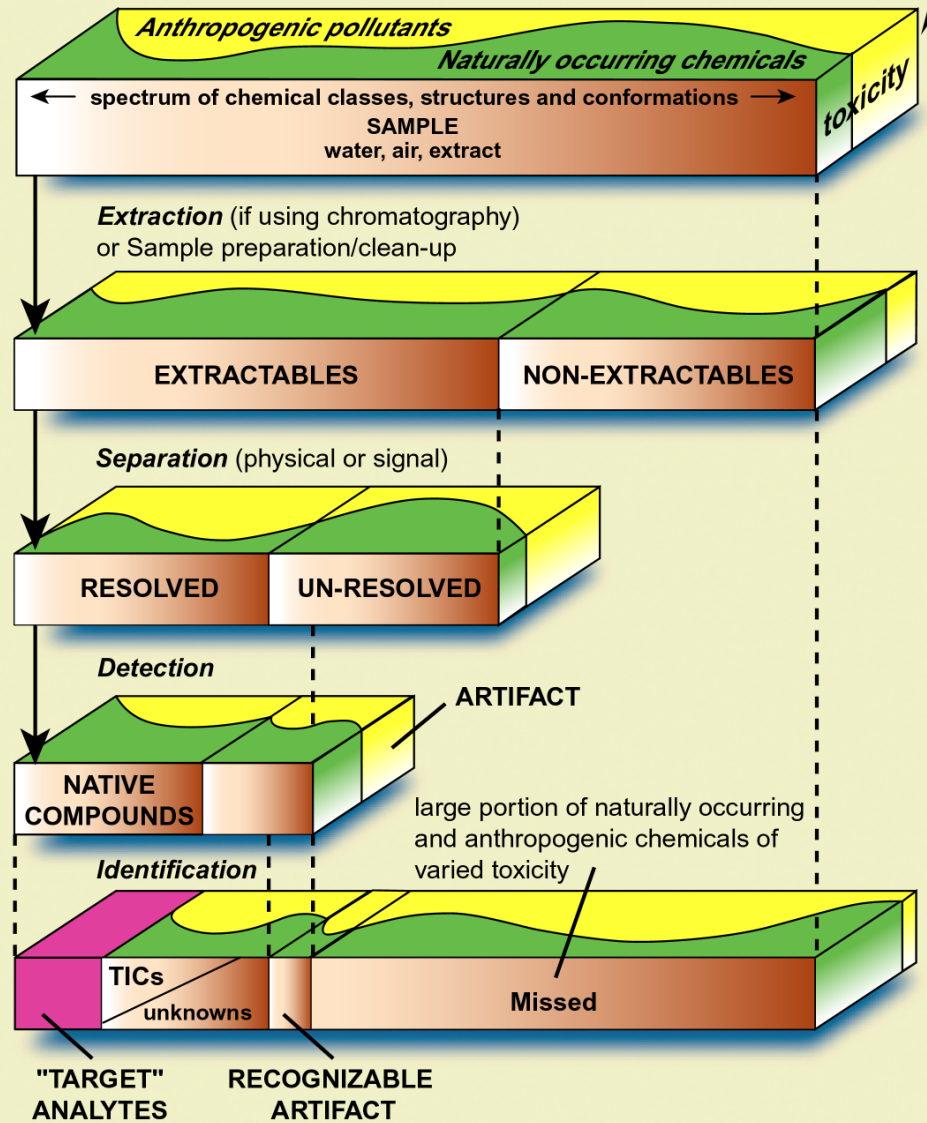


274odc02-figure 1

For more discussion, see:

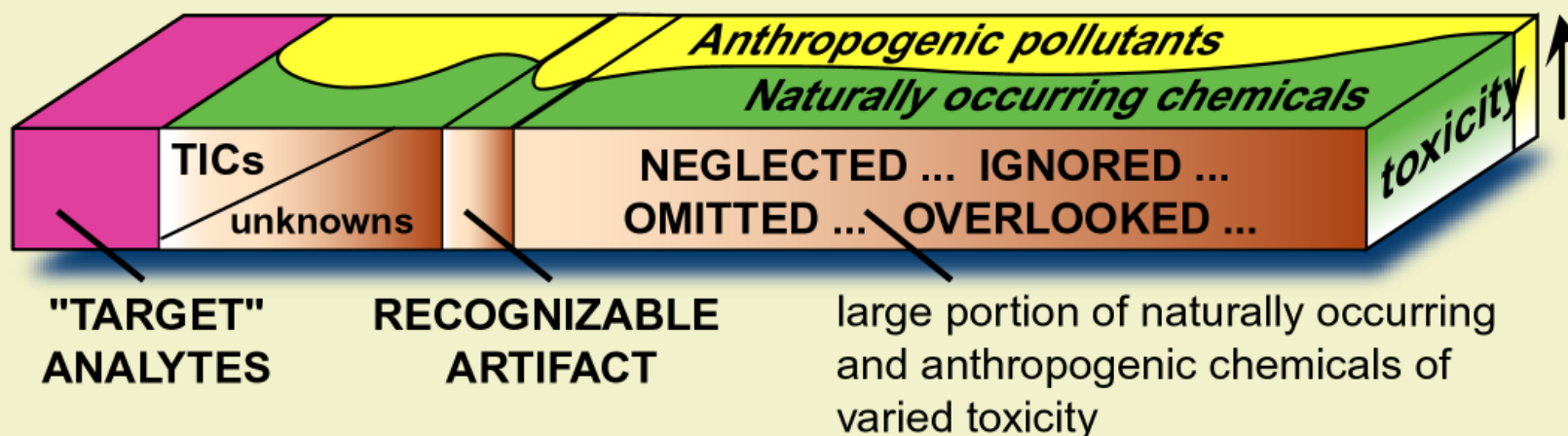
<http://epa.gov/nerlesd1/chemistry/pharma/critical.htm>

# Limitations and Complexity of Environmental Chemical Analysis



TICs = tentatively identified compounds

# Chemical Analysis Output for a Typical Environmental Sample



TICs = tentatively identified compounds

# Prevalence/Distribution of Xenobiotic Occurrence

*Few distinct chemicals at higher concentrations*

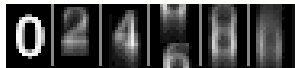
Concentration (log)

**Anthropogenic**

**Naturally Occurring**

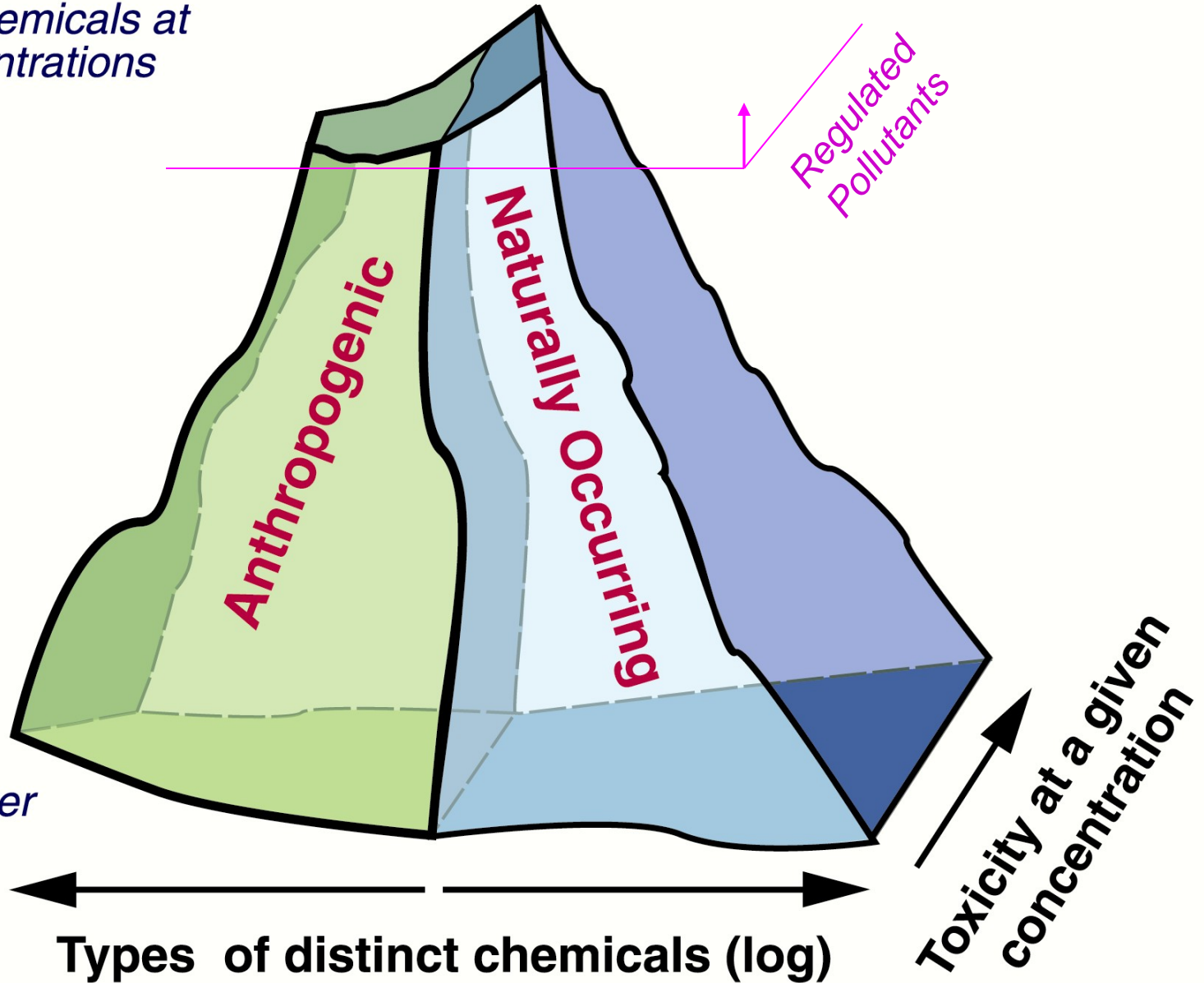
Regulated Pollutants

*Many distinct chemicals at lower concentrations*



Types of distinct chemicals (log)

Toxicity at a given concentration



## 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

# 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 organických látek** ve vodě (oleje, cukry, tuky, bílkoviny, mikroby)

BSK<sub>5</sub> = vyjadřuje spotřebu kyslíku za 5 dní na biochemickou oxidaci biologicky rozložitelných látek mikroorganismy, které jsou přítomné v dané odpadní vodě

- BSK<sub>5</sub> se používá jako míra koncentrace biologicky rozložitelných látek
- CHSK – chemická spotřeba kyslíku = obsah chemicky oxidovatelných látek ve vodě.  
Úplné oxidace se dosahuje roztokem dichromanu draselného, roztokem manganistanu draselného se stanovuje pouze obsah snadno oxidovatelných látek.  
hodnota CHSK<sub>Cr</sub> zahrnuje tedy i látky biologicky nerozložitelné
- Biologická a chemická spotřeba kyslíku se udávají **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 g.m<sup>-3</sup>**. BSK čisté, neznečištěné vody dosahuje  $\leq 3 \text{ g.m}^{-3}$ , zatímco silně znečištěná voda může dosáhnout hodnot až  $10^3 \text{ g.m}^{-3}$ .

**Poměr BSK<sub>5</sub>: CHSK** indikuje zastoupení biodegradabilních látek. Je-li poměr  $> \underline{0.5}$ , odpadní voda obsahuje primárně biologicky odbouratelné látky

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



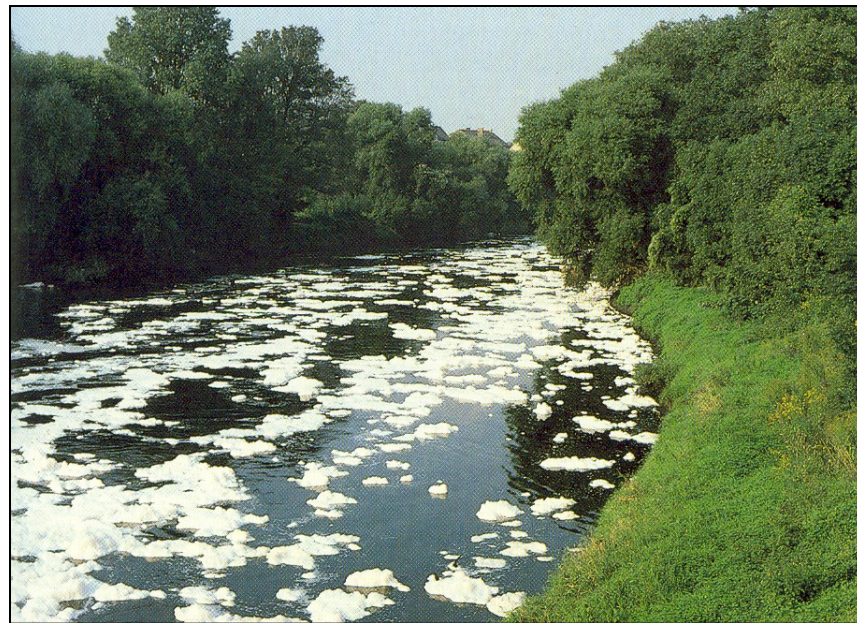
## Biologická rozložitelnost organických látek

<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

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

přírodní

antropogenní



# ORGANICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ



lehce odbouratelné látky typu BSK

nejstarší a dosud nejrozšířenější typ znečištění

## Zdroj:

komunální splaškové vody, zemědělství, potravinářský, papírenský a textilní průmysl

Organické odpadní vody obsahují rovněž velká množství suspendovaných látek, které **redukuje dostupnost světla pro fotosyntézu** a tím, že sedimentují, **mění charakter substrátu (říčního dna)**.

Toxické koncentrace **amoniaku**

# Organické znečištění

- lehce odbouratelnými organickými látkami (nikoliv perzistentní organické polutanty)
- Zdroje: komunální znečištění, zemědělství, potravinářský průmysl – cukrovary atd.
- Rozklad organických látek – spotřeba kyslíku, až anaerobní stavy – saprobní (hnilobné procesy)
- Saprobity - soubor vlastností a biologický stav vody, vyvolaný přítomností biologicky rozložitelných organických látek (biochemický rozklad, činnost destruentů)
- Indikace: BSK<sub>5</sub> – biologická spotřeba kyslíku
- Saprobity vody je charakteristický stav vodního prostředí, které určuje výskyt saporbiontů. Základem stanovení stupně saporbity je biologický rozbor.
- Bioindikace – saporbiologické hodnocení, saporbní indexy

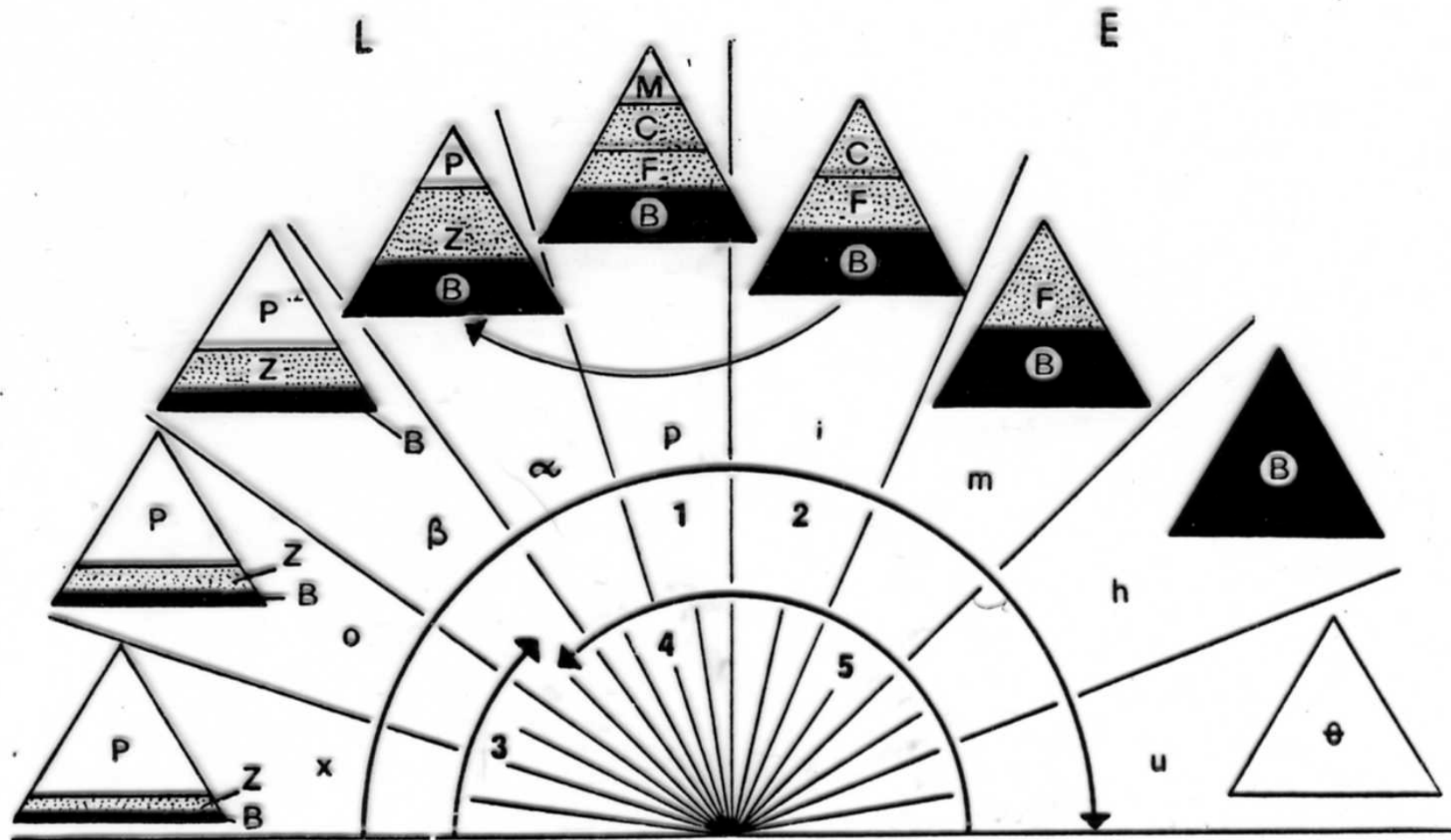
# Saprobni systém

- Biologické hodnocení kvality vody podle saprobniho systému vychází z předpokladu, že v rozdílně znečištěných vodách žijí různé organismy, které se podílejí na probíhajících rozkladných procesech
- Různému stupni znečištění odpovídají různé vodní biocenózy, které jsou tvořeny různě odolnými organismy.
- Organismy, použité jako indikátory znečištění označujeme jako saprobionty nebo bioindikátory
- Původní systém hodnocení je založen na toleranci jednotlivých indikačních druhů ke stupni znečištění vody lehce odbouratelnými organickými látkami (vyjádřenými většinou jako BSK<sub>5</sub>)
- Vliv organického znečištění na faunu je otázkou rovnováhy mezi nepříznivými podmínkami (nedostatek kyslíku, chemické látky) a výhodami zvýšeného přísunu potravy i redukce kompetice a predace. Obecně se znečištění organickými látkami projevuje vzestupem počtu organismů a poklesem diverzity. Vhodnými indikátory saprobity jsou v tekoucích vodách zejména makrozoobentos a nárosty a ve stojatých vodách někteří zástupci planktonu.

# Saprobni systém

- Katarobita (nejčistší vody, slabé oživení -podzemní vody, prameny)
- Limnosaprobita (povrchové i podzemní vody různě znečištěné, odlišná struktura společenstev)
  - Xenosaprobita
  - Oligosaprobita
  - Betamesosaprobita
  - Alfamesosaprobita
  - Polysaprobita - voda velmi silně znečištěná
- Eusaprobita (odpadní vody se značně zvýšeným obsahem organických látek)
  - Isosaprobita – cilitový stupeň
  - Metasaprobita – flagelatový stupeň
  - Hypersaprobita – bakteriálně mykofytový stupeň
  - Ultrasaprobita – abiotická
- Transsaprobita (zvláštní odpadní vody s nehmelnými látkami (nebo faktorem, který je brzdí) – ropné, toxické látky, vysoká teplota, radioaktivita)

# Saprobní systém



- rozkladači
- konzumenti
- producenti

Obr. 243. Struktura společenstev v různých saprobních hladinách. X — xeno-, O — oligo-, β — betamezo-, α — 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.)



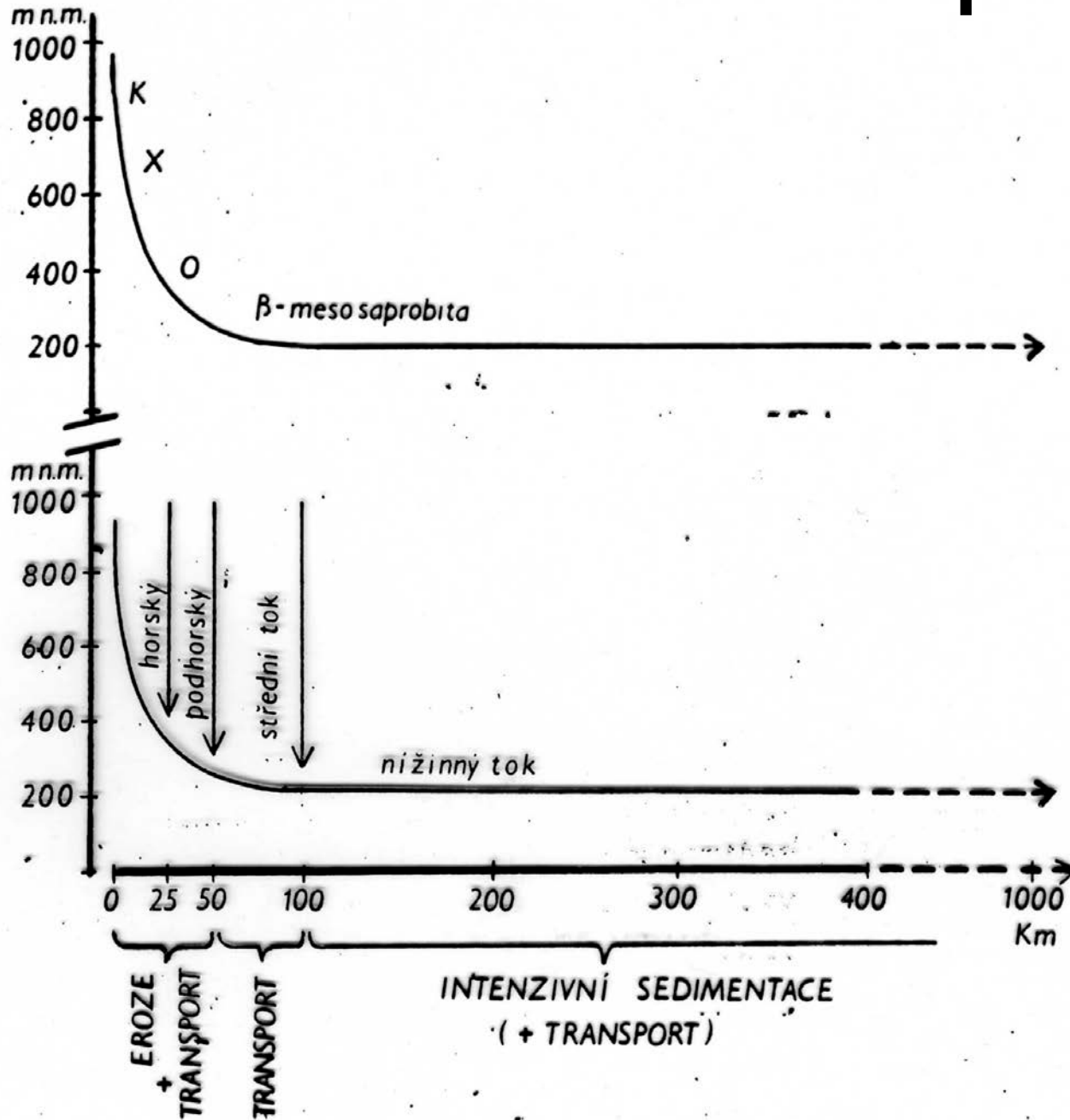
# Saprobni stupně

Saprobni index –  
vyjadřuje stupeň  
znečištění biochemicky  
odbouratelnými  
organickými látkami

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	horší alfa-mezo-saprobita	přípustné znečištění nepřípustné 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		



# Přirozená saprobita



# Acidifikace

## Okyselování vod

- Problém především 2. poloviny 20. století – přetrvává dodnes
- Příčina: kyselé deště (oxid siřičitý a  $\text{NO}_x$  ze spalování fosilních paliv do ovzduší – dešťová voda má pH 4-4,5 namísto 5-6).
- Nejdříve úbytek hydrouhličitanů, 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)

## Indikace

- pH
- Alkalinita
- Bioindikace (citlivé druhy mizí)

# 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.

# Znečištění toxickými látkami

## Těžké kovy

- cca 40 prvků, specifická hmotnost vyšší než 5 g/cm<sup>3</sup>: Hg, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu
- Stopové prvky – nezbytné pro organismy
- Součást přirozeného pozadí (liší podle místních podmínek).
- Vyšší koncentrace – toxické působení
- Zdroje: těžba a zpracování rud a uhlí, spalování fosilních paliv, průmysl, pesticidy

## Ropné látky a uhlovodíky

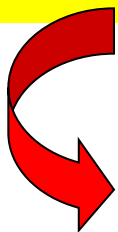
PTBs – perzistentní organické polutanty

PCB...tendence k akumulaci, odolnost k degradativním procesům

## PBTs (Persistent, bioaccumulative, toxic)

skupina organických sloučenin, jejichž dominantními fyzikálně-chemickými a environmentálně-chemickými vlastnostmi jsou:

1. odolnost vůči různým degradačním procesům,
2. malá rozpustnost ve vodě,
3. lipofilní charakter a z toho plynoucí výrazná tendence k bioakumulaci a
4. polotěkavost umožňující globální atmosférický transport



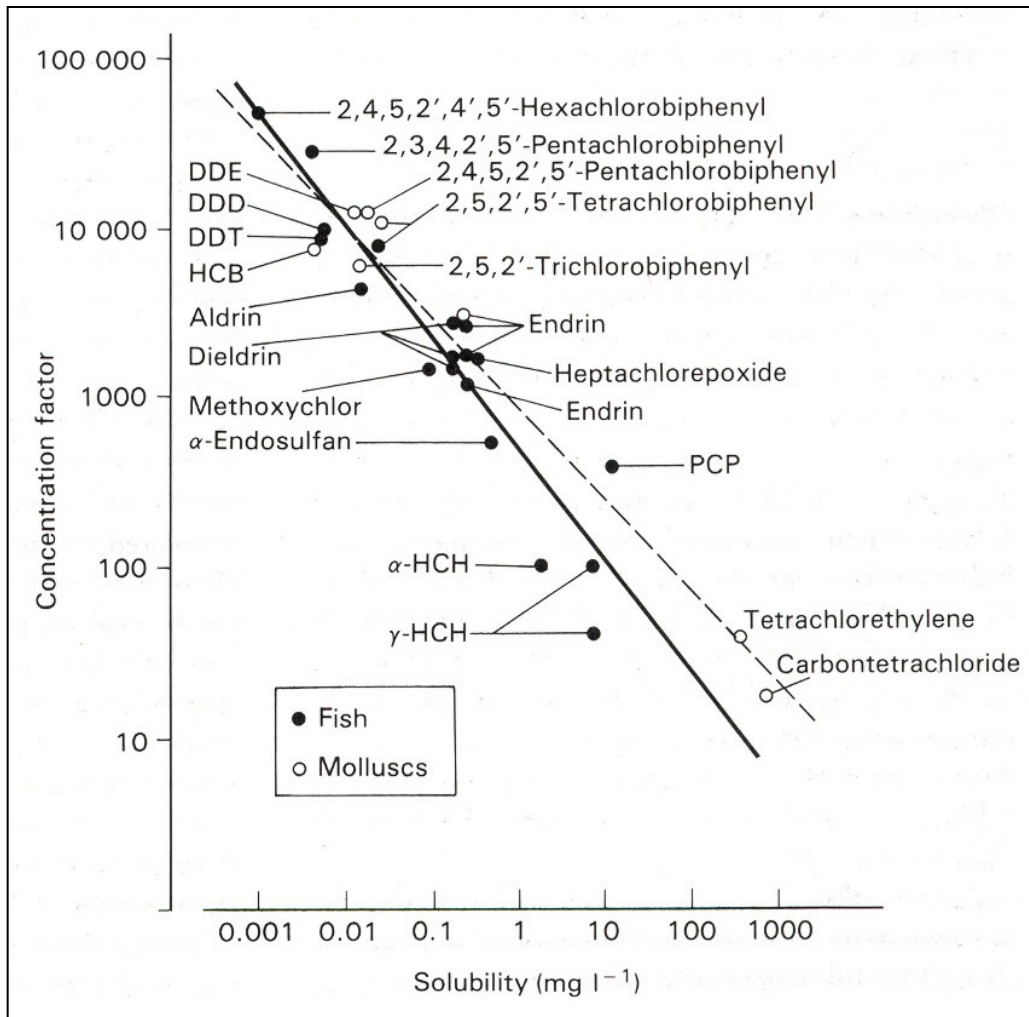
chlorované pesticidy

polychlorované bifenyly

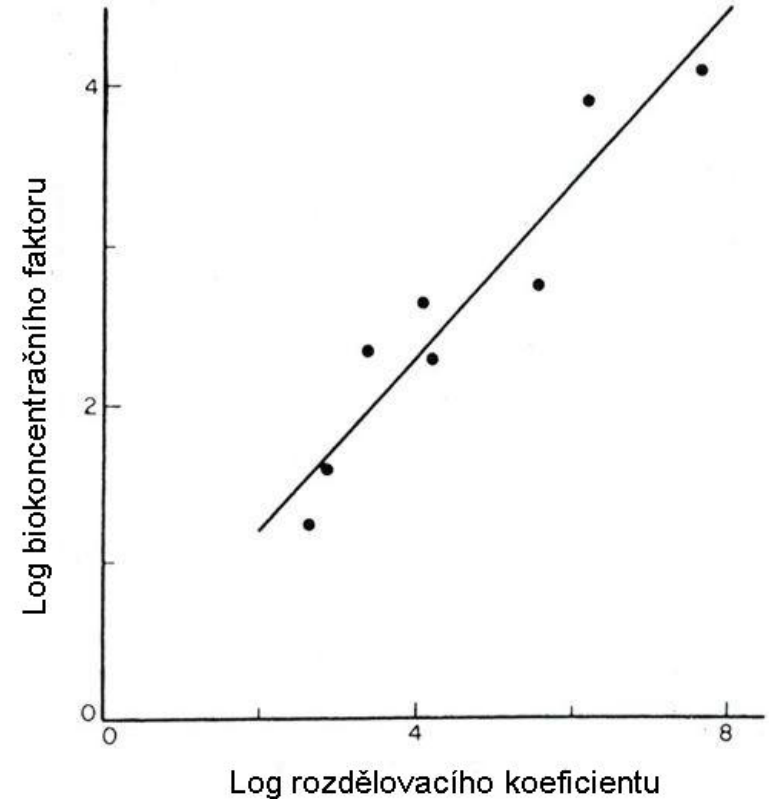
polychlorované dibenzodioxiny  
a dibenzofurany

polycyklické aromatické uhlovodíky

## Příklady chlorovaných pesticidů a jejich BCF v závislosti na rozpustnosti ve vodě



## Závislost biooncentrace polutantu na jeho lipofilitě



# Akumulace (hromadění látky v organismu)

## Bioakumulace

- Pouhý příjem z vody, nezávislý na trofickém stupni
- Důležitý aspekt subletální toxicity
- Hladiny polutantů v tkáních žijících organismů jsou užívány k indikaci stupně kontaminace vodního prostředí (biomonitoring)

## Biomagnifikace

- Zvyšování koncentrace polutantu podél trofického řetězce
- Typické pro organochlorové pesticidy

## Biokoncentrační faktor (BCF)

- Zpravidla určován v laboratoři; jedná se o poměr mezi koncentrací v organismu a koncentrací ve vodě při dosažené rovnováze
- Všeobecně považován za validní indikátor kapacity polutantu kumulovat se v živočišných tkáních.

**Podmínkou biomagnifikace je, aby polutant byl perzistentní a lipofilní**

# Transport polutantů vodou

Polutanty - **rozpuštěné** nebo v **suspenzi**, př. adsorbované na částice. Všechny formy mohou být transportovány vodou na velké vzdálenosti.

Látky adsorbované na částice sedimentují nebo plavou u hladiny (podle hustoty). **Vzdálenost, na kterou jsou unášené proudící vodou závisí na fyzikálních vlastnostech polutantu, rychlosti proudící vody a charakteru koryta.**



# Odpověď organismů na akvatické polutanty

Po vstupu látky do organismu

1. Spuštění obraných mechanismů s cílem detoxifikace polutantu, ale v některých případech dochází k jejich bioaktivaci
2. Snížení dostupnosti polutantu navázáním na jiné molekuly k jeho vyloučení nebo uložení.
3. Spuštění mechanismů k opravě poškození způsobeného polutantem
4. Pokud obrané mechanismy nedostačují - poškození organismu:

*Narušení přenosu energie*

*Genotoxicita*

*Karcinogenita*

*Neurotoxicita*

*Endokrinní disrupce*

*Mortalita*

*Reprodukční neúspěšnost*

## Účinky na úrovni jedince a populace

biochemické změny - např. aktivita cholinesterázy (*Ephemerella* nebo *Hydropsyche* při hodnocení vlivu organofosfát. insekticidů)

fyziologické změny (např. spotřeba kyslíku u *Chironomus*)

morfologické deformity (pakomáři)

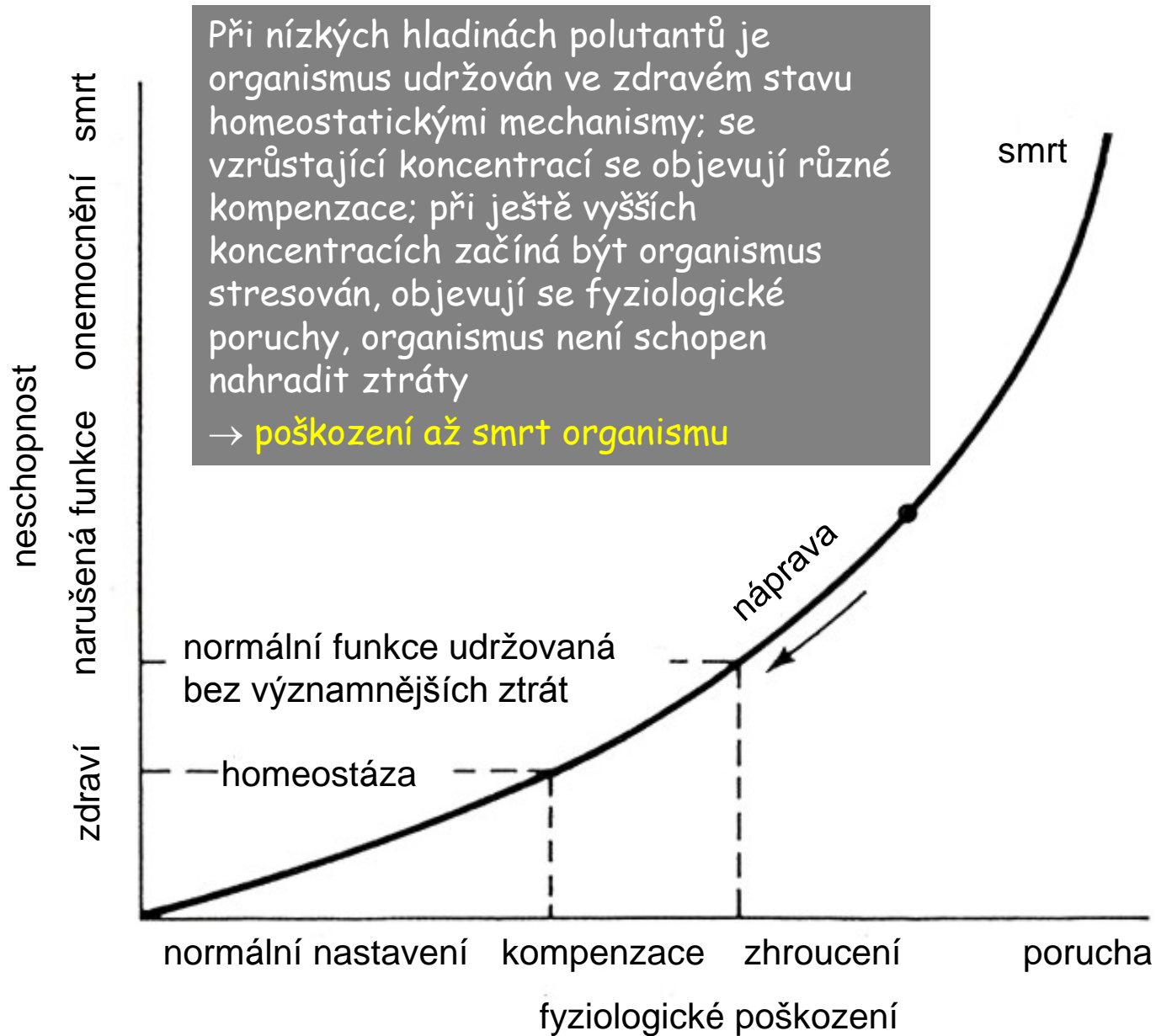
změny v chování (zvýšená pohybová nebo driftová aktivita)

změny v životních cyklech (přežití, růst, mortalita, rozmnožování, vývoj a emergence)

kumulace polutantů (viz sentinelové organismy)

organické znečištění ovlivňuje organismy snížením obsahu dostupného kyslíku (dušení, ....)

zvýšená turbidita vody redukuje dostupné světlo pro fotosyntetizující organismy.



# Hodnocení toxicity

- Testy akutní toxicity – hodiny až max. týden, vysoké dávky
- Testy subchronické toxicity – týdny, cca 10 % normální délky života testovaného organismu, střední dávky
- Testy chronické toxicity – měsíce až roky, nízké dávky
- $LC_{50}$  koncentrace, při níž v testu akutní tox. uhynie 50 % pokusných organismů
- Pokusné organismy
  - Druh je v přírodě snadno dosažitelný
  - Dá se snadno chovat v laboratorních podmínkách
  - Zřetelně reaguje na toxickou látku
  - Zastoupení různých trofických/funkčních úrovní – producenti, konzumenti, destruenti