



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Přehled hlavních skupin látek a jejich účinků

Luděk Bláha, PŘF MU

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Stres v důsledku antropogenních činností

- **Různorodé vlivy člověka na prostředí** → vyvolání stresu:
(chemický stres je jen jedním řady faktorů)

1) fyzické změny prostředí / habitatu

- *úpravy vodních toků, stavby vodních děl; stavby – železniční tratě, silnice, obytné a průmyslové objekty; změny užívání půdy – přírodní, zemědělská, průmyslová, obytná ...*



2) vnášení "nových" organismů (GMO)



Stres v důsledku antropogenních činností

- **Vlivy člověka na prostředí** → vyvolání stresu:

3) Chemický stres:

3.1 - uvolňování cizorodých látek

3.2 - změny (koncentrací) poměrů přírodních látek

- uvolňovány mohou být čisté látky (pesticidy) nebo směsi (průmyslové výrobky, odpady ...); **v přírodě se však VŽDY vyskytují SMĚSI**
- výsledky a důsledky přítomnosti antropogenních látek
 - **globální změny** (*recyklace vody a hmoty, atmosféra*)
 - » změny dopadajícího UV záření (*ozonová díra - freony*); *skleníkový efekt (CO₂ a další)*, *změny hydrologických poměrů ...*
 - **změny v přírodních ekosystémech** + *sekundární efekty (toxické produkty)*
 - » *eutrofizace (anorganické živiny, N + P)*
 - **přímá toxicita** *pro živé organismy a její důsledky*



Člověk uvolňuje látky do prostředí

- **JAK** člověk uvolňuje látky do prostředí ?
 - **záměrné vnášení toxických** látek přímo do prostředí
 - pesticidy (*insekticidy, herbicidy, fungicidy, rodenticidy ...*)
 - jiné **vstupy čistých látek** do prostředí
 - léčiva humánní a veterinární (*antibiotika – přímá toxicita pro mikroorganismy, další látky – toxické efekty podle typu účinku*)
 - průmyslové **výrobky**, jejich součásti, vedlejší produkty výroby
 - kovy, plasty, ropa, stavby, elektronika, barvení, bělení, průmyslové plyny
 - **odpady**
 - průmyslové, komunální, speciální (*nemocnice*) odpadní vody, pevný odpad
 - produkty **spalování**
 - spalování odpadů, doprava, výroba energie a tepla
 - zemědělská **hnojiva**
 - zvyšování kvality půdy -> vedlejší efekty -> eutrofizace vod



JAKÉ látky člověk uvolňuje do prostředí ?

Existuje řada třídění a skupin – přehled pro tuto přednášku

- anorganické plyny
- kovy
- průmyslové kyseliny

- nutrienty (živiny, anorganická hnojiva)
- jednoduché organické (degradabilní, komunální, fekální) znečištění

- komunální chemie – detergenty, mýdla, změkčovadla vody, bělení ...
- nehalogenovaná rozpouštědla
- halogenované alifatické uhlovodíky
- látky průmyslu gumy a plastů
- persistentní organické látky (POPs), halogenované [produkty průmyslu (PCBs, PBBs) a vedlejší produkty (PCDD/Fs, PBDD/Fs)]
- pesticidy [insekticidy – nehalogenované vs. halogenované (*patří mezi POPs*), herbicidy]
- farmaka, léčiva

- PAHs – polycyklické aromatické uhlovodíky



Významné skupiny environmentálních polutantů

Zdroje, Příklady, Efekty

A) Jednoduché anorganické látky



(Anorganické) plynné polutanty

Příklady

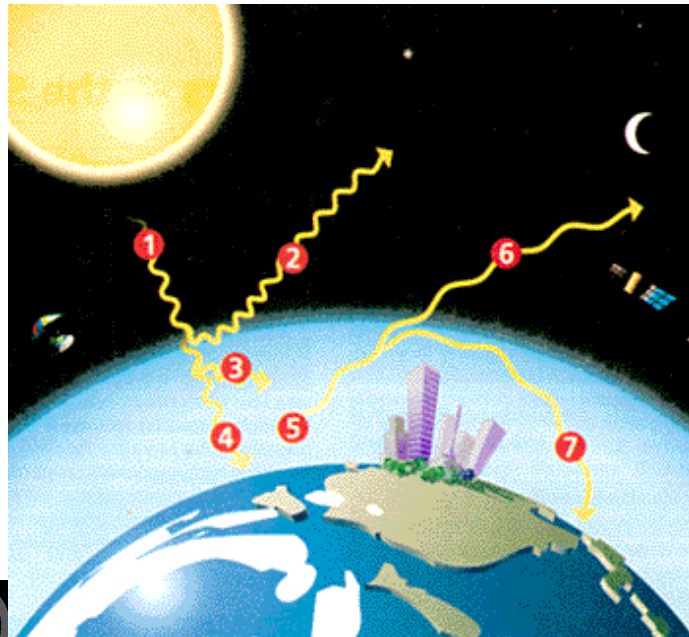
SO_x, NO_x, O₃, CO, CO₂,
X₂ (Cl₂, F₂), NH₃

Zdroje

Bodové - průmysl, chemické
provozy spalovny, teplárny

Plošné - domácí topeniště

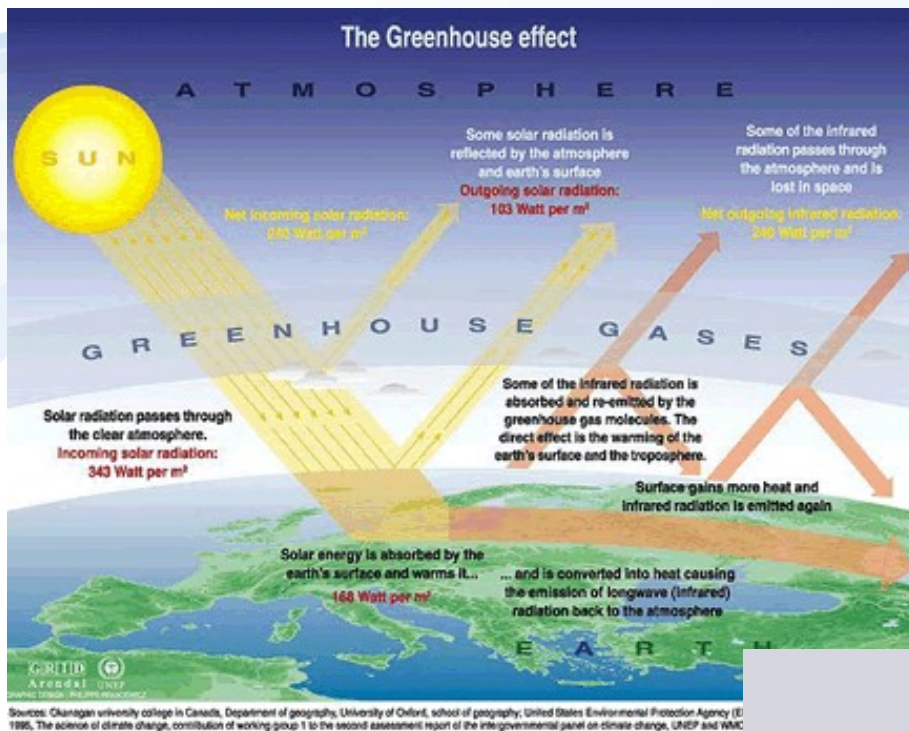
Liniové - dopravní spoje, dálnice



Globální a regionální problémy

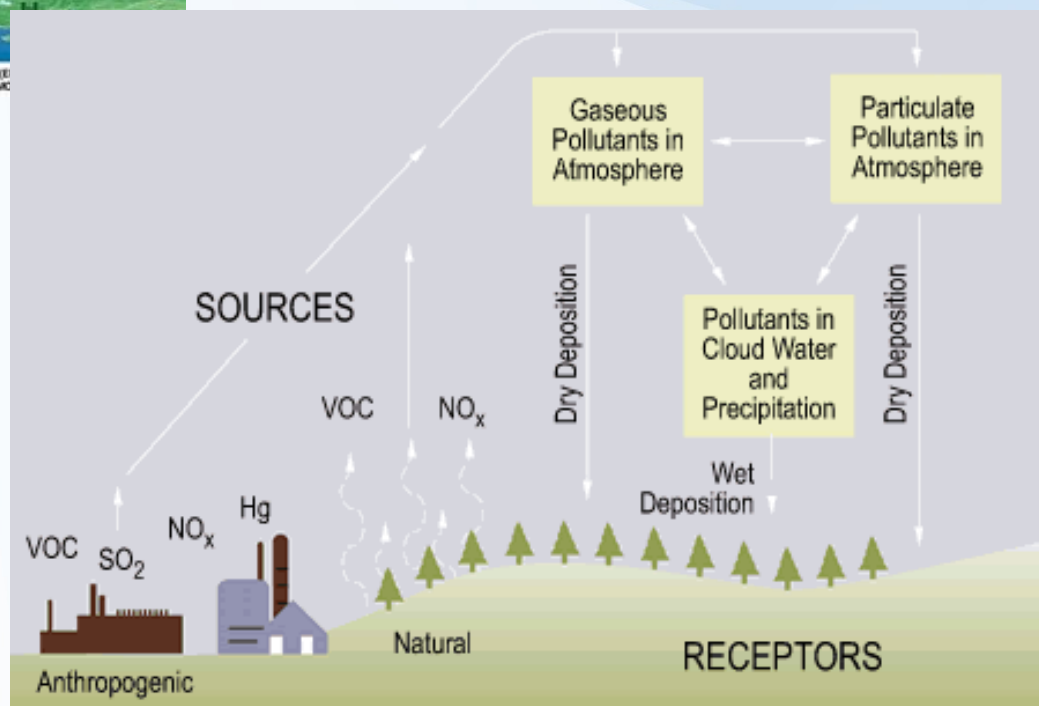
- Kyselé deště
- Skleníkový efekt
- Smog





Tvorba kyselých dešťů

Skleníkový efekt



(Anorganické) plynné polutanty

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu plynu: **iritace a akutní cytotoxicita**, toxicita změnami pH, **interakce s hemovými barvivy (CO)**

Efekty - producenti

akutní toxicita : změny fotosyntézy, růst, letalita

Efekty - konzumenti

akutní toxicita : poškození sliznic, dýchacích cest

Efekty - destruenti

akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

Kovy

Příklady

As, Cd, Cr^(VI+), Hg, Ni (soli), Pb, Zn

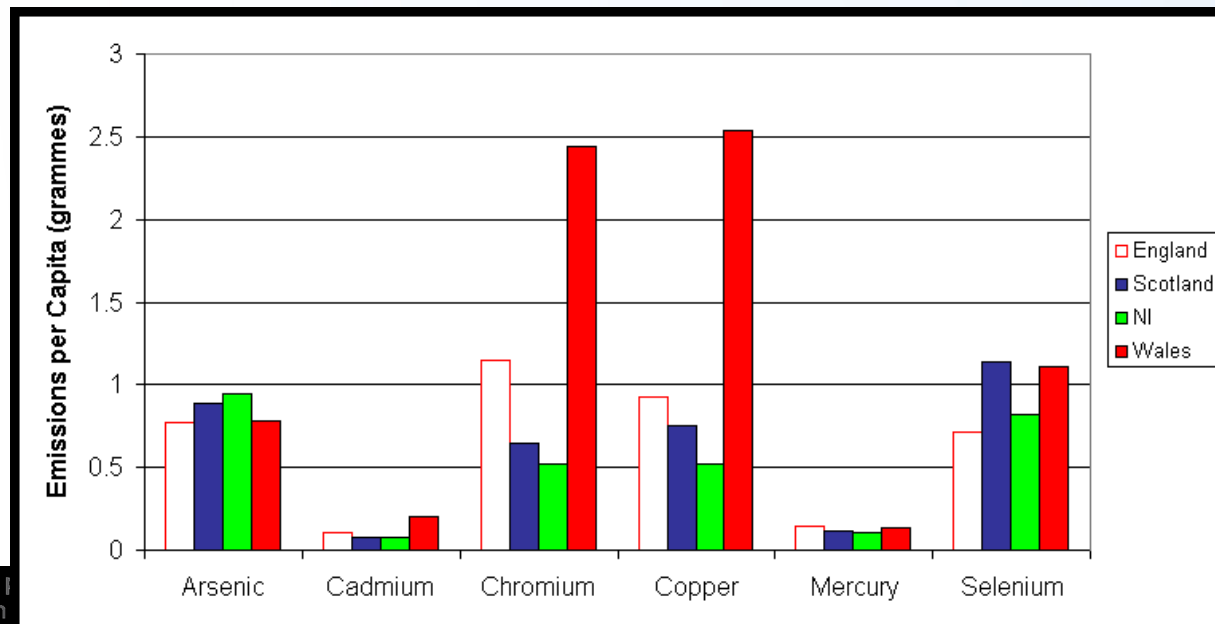
Zdroje

(všechny lidské aktivity)

Bodové : průmysl, chemické provozy

Plošné : zemědělství, kontaminovaná hnojiva, skládky

Liniové : doprava



Kovy

Molekulární mechanismus toxicity

Toxicita závisí na druhu kovu:

- : poškození DNA (As, Cr)
- : většina - denaturace proteinů (disulfidické můstky, -SH skupiny)
- : většina - oxidativní stres

Efekty - producenti

- : **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita, **genotoxicita**

Efekty - konzumenti

- : akutní toxicita : letalita
- : chronická toxicita : **neurotoxicita**, **imunotoxicita**, **karcinogenita**, další poruchy

Efekty - destruenti

- : akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, **genotoxicita**

Další specifika

[persistence], biokoncentrace a bioakumulace



Průmyslové kyseliny

Příklady

HCl, H₂SO₄, HxClO_y, HCOOH,
CH₃COOH

Zdroje

Bodové : **průmysl, skládky,
čištění a bělení**

Havárie : **úniky při přepravě,
havárie provozů**



A team from Stepan. Co. in Elwood, IL, attending the 1998 DuPont Fuming Acid Spill Mitigation Workshop last April in Mercury, NV, demonstrate the use of a Williams Fire & Hazard Control Hydro-Chem nozzle to apply dry chemical for acid neutralization on a practice acid spill.



Průmyslové kyseliny

Molekulární mechanismus toxicity

toxicita změnami pH, reaktivní toxicita, iritance a cytotoxicita
sekundární efekty -> oxidativní stres ...

Efekty - producenti

: **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita

Efekty - konzumenti

: **akutní toxicita** : letalita, poškození zdraví (kůže, sliznice, dýchání : ryby)

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita

Další specifika

krátký poločas života, ionizace, neutralizace

Významné skupiny environmentálních polutantů

Zdroje, Příklady, Efekty

B) anorganické a organické živiny



ŽIVINY ... jako kontaminanty

- Změny v koncentracích živin
 - Významné funkční změny, zejm. akvatické ekosystémy
- Zvýšení koncentrací „živin“ → znečištění prostředí
 - HYPER - **TROFIZACE**
(anorganické živiny – pro autotrofy: N, P...)
 - HYPER – **SAPROBITA**
(organický materiál – živiny pro heterotrofní bakterie)

TROFIZACE

- Zvyšování koncentrací anorganických živin - **zejm. NO_3^- , PO_4^{3-} ,**
- V přírodě je **důležité dodržení poměrů (!)**
C / N / P (přiroz. atom. poměr 600 / 20 / 1)

→ Zvýšení trofie („úživnost“)

– stupně: ultraoligo / oligo / mezo / eu- / hyper-trofie

Důsledky eu-/hyper-trofizace

→ změny ve struktuře ekosystémů:

- **monodruhová společenstva sinic** (u nás nejčastěji *Microcystis sp.*)

→ sekundární efekty:

- *nadprodukce biomasy – rozkladné procesy na konci sezony*
(**vyčerpání kyslíku → úhyny ryb** atd.)
- **produkce toxických metabolitů – cyanotoxiny**
(*tumor promoční-hepatotoxické peptidy – **microcystiny**; neurotoxické alkaloidy a další*)



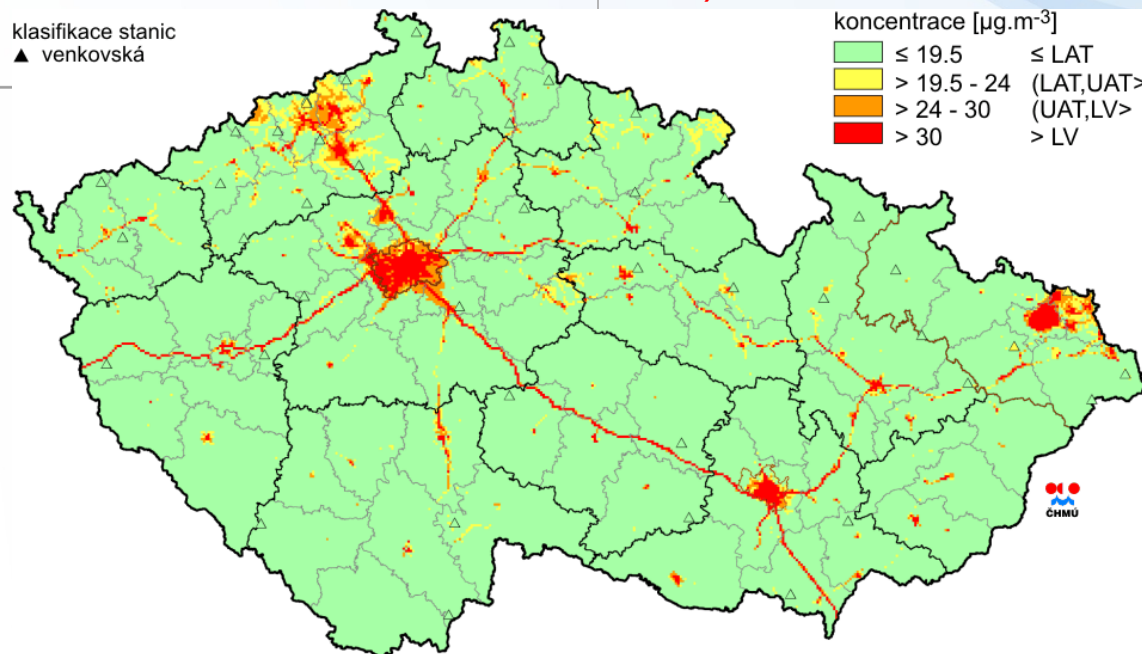
Anorganická hnojiva - živiny

Příklady

NO_3^- , PO_4^{3-}

Zdroje

Zemědělství, domácí chemie (změkčovadla – myčky),
Doprava a sídla (uvolnění No_x ,
vymývání z atmosféry, imise do vod)



Anorganická hnojiva



Molekulární mechanismus toxicity

Efekty - producenti

Efekty - konzumenti

Efekty - destruenti

Primárně netoxické = živiny, hnojiva

Podpora růstu → zvýšení zemědělské
→ **Sekundární efekty – vodní květy sinic, red tide v mořích (červený příliv – obrněnky), oblasti bez kyslíku v mořích (dead zones)**

U kojenců – přeměna NO_3^- na dusitany v trávicím traktu → **methemoglobinémie**

Podpora růstu

SAPROBITA

Organické "netoxické" látky

(fekální znečištění, „živiny“ pro mikroorganismy)

- Obsah OC → přímý vliv na ox-red procesy a obsah kyslíku
- Hodně organických látek
→ živiny pro bakterie → vyčerpání kyslíku → d

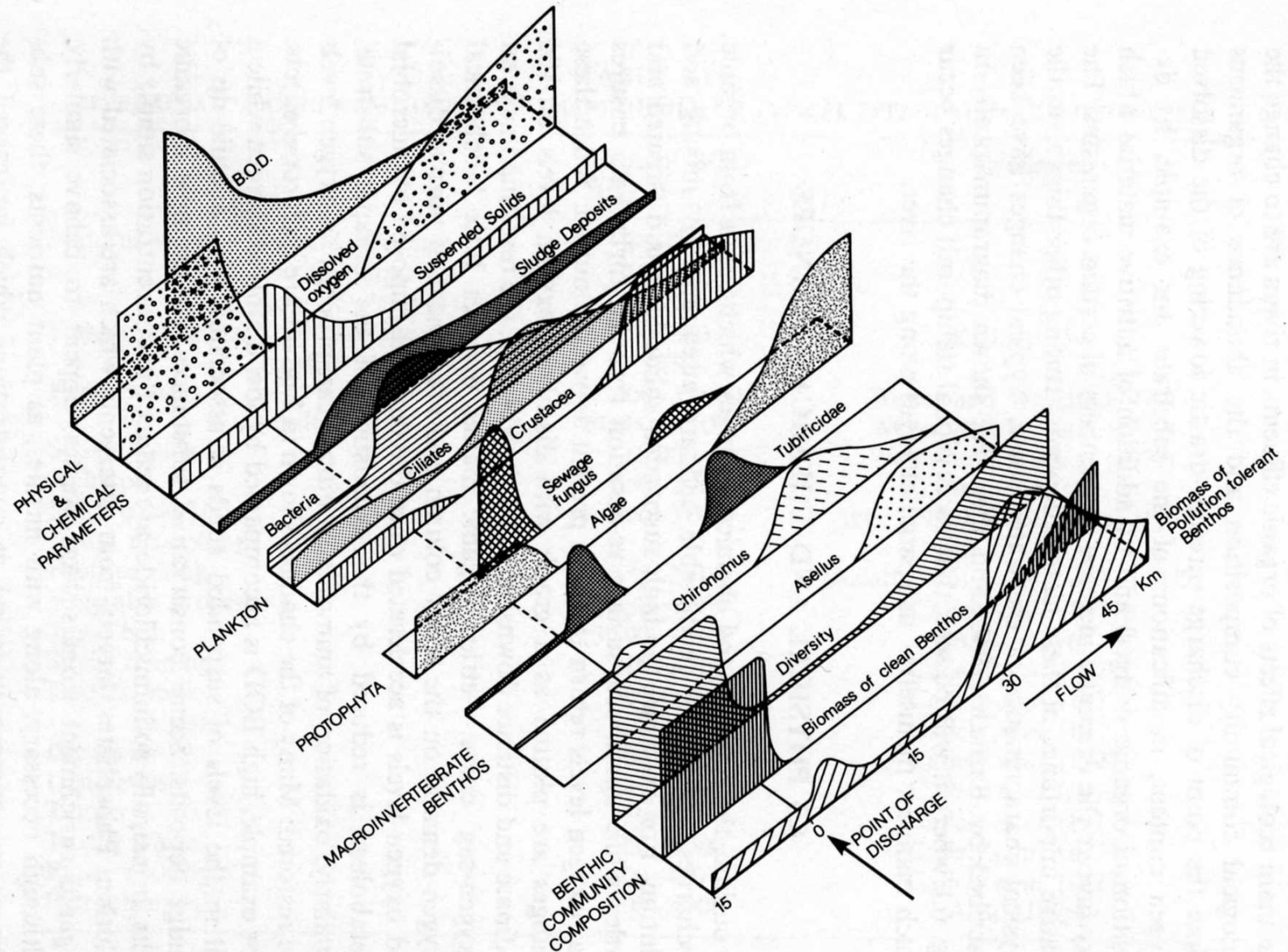
Zvýšená saprobita

– jeden z hlavních problémů a ukazatelů čistoty vody v Evropě (*! nezohledňuje příliš toxicitu, spíše obsah kyslíku*)

- Hodnocení = kategorizace
 - Polysaprobita / Mezosaprobita (alfa-, beta-) / Oligosaprobita
 - (*nebo nověji Katarobita / Limnosaprobita / Eusaprobita / Transsaprobita*)



Vliv „hnilobného“ znečištění na společenstvo



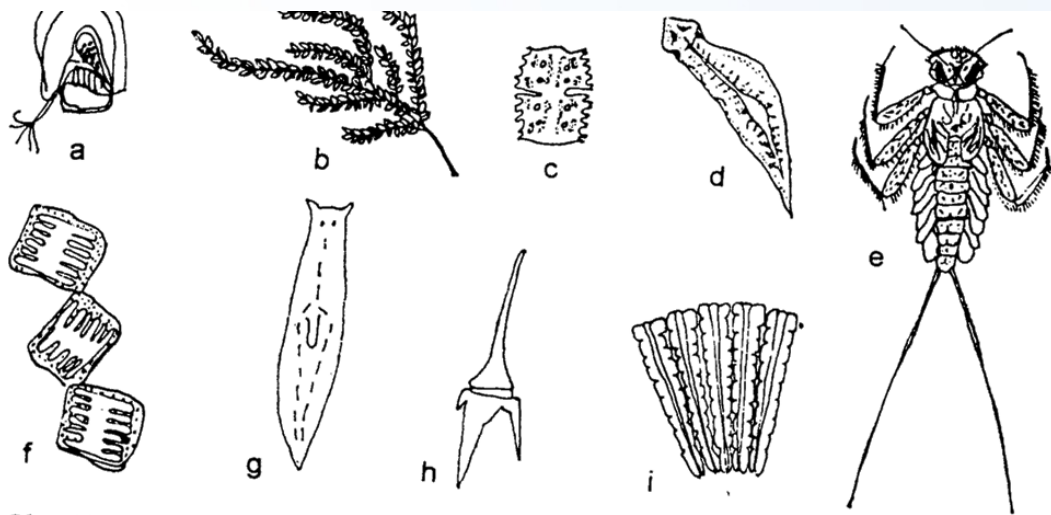
Hodnocení saprobity

1) Hodnocení obsahu org. látek pomocí spotřeby kyslíku

- **BSK5** („Biologická spotřeba kyslíku“, 5 dní, *(anglicky BOD – Biological Oxygen Demand)*)
- Vzorek vody se inkubuje za definovaných podmínek a měří se spotřeba kyslíku v čase (často/vysoký obsah OC - je třeba vodu ředit):
 - **více organických látek** → více živin pro bakterie ve vzorku → vyšší spotřeba O₂ → **vyšší BSK5**
- **CHSK** („Chemická spotřeba kyslíku“)
(množství kyslíku, které je třeba k úplné oxidaci VŠECH odbouratelných látek obsažených ve vodě, tedy i těch, které nejsou degradovány mikroorganismy, tj. biologicky)
- Stanovení – celková spotřeba kyslíku při oxidaci manganistanem draselným

2) Hodnocení pomocí BIOINDIKACE - Saprobni index (ČSN 83 05 32, část 6)

- Významné druhy organismů mají přiřazenu „indikátorovou“ hodnotu
- Analýza společenstva na lokalitě → výpočet Saprobniho indexu



Obr. 132. Příklad xenosaprobních a oligosaprobních organismů
 a - perločka *Holopedium gibberum*, b - vodní mech *Fontinalis*, c - dvočatkovitá řasa *Micrasterias truncata*, d - ploštěnka *Dugesia gonocephala*, e - jepice *Epeorus asimilis*, f - rozsvivka *Tabellaria flocculosa*, g - ploštěnka *Crenobia alpina*, h - obrněnka *Ceratium hirundinella*, i - rozsvivka *Meridion circulare*

Výpočet saprobního indexu

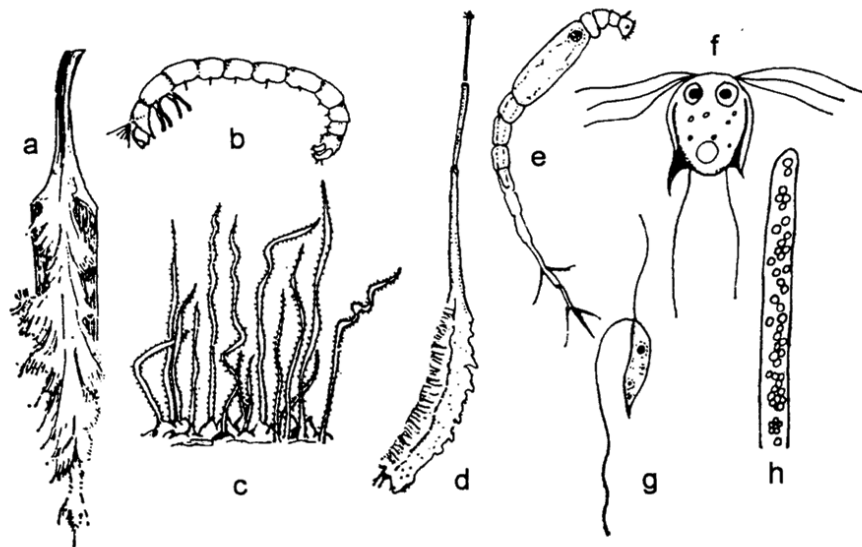
$$S = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot S_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot g_i}$$

A_i – abundance zjištěného organismu,
 S_i - individuální saprobní index organismu
 g_i - indikační hodnota organismu.

Příklady - indikátorové druhy saprobity

Nahoře: Xeno & oligosaprobita

Vpravo: Polysaprobita



Obr. 135. Příklad polysaprobních organismů
 a - bakterie *Sphaerotilus natans*, b - pakomár *Chironomus thummi*, c - nitěnky *Tubifex tubifex*, d - pestřenka r. *Eristalis*, e - vířník *Rotaria neptunia*, f - bičíkovec *Hexamitus inflatus*, g - bičíkovec *Bodo putrinum*, h - bakterie *Beggiatoa alba*



	Třída I	Třída II	Třída III	Třída IV	Třída V
Saprobni index	... - 1,49	1,50 - 2,19	2,20 - 2,99	3,00 - 3,49	3,50 - ...

Třídy saprobního indexu podle normy ČSN 75 7221 (1998)

S	Saprobilita	Rybí pásma	O ₂	BSK ₅	Zoobentos	Ekologická pásma
0,0	xenosaprobilita	bez ryb	9	0	Ameletus	eukrenon hypokrenon
0,5	lepší oligosaprobilita	pstruh	8	1	Rhithrogena	epirhithron
1,0	horší oligosaprobilita	lipan	7	1,7	Ecdyonurus	metarhithron
1,5	lepší beta-mezo-saprobilita	parma	6	2,5	Oligoneuriella	hyporhithron
2,0			5	3,7		
2,2	horší beta-mezo-saprobilita	vodárenské toky ostatní toky cejn		4,0	Palingenia (Ephemera) (Ephoron)	epipotamon metapotamon
2,5	lepší alfa-mezo-saprobilita	cejn	4	5	Herpobdella	—
3,0			3	7,5		
3,2	horší alfa-mezo-saprobilita	přípustné znečištění nepřípustné znečištění kaprovité		8,0	Herpobdella	—
3,5	lepší polysaprobilita	přežívá kapr karas lín	2	10	Tubifex Limnodrilus	—
4,0	horší polysaprobilita	přežívá kapr karas lín	1	30	Tubifex Limnodrilus	—
4,5	mikroaerobie anaerobie odp. vody		0,1 0,0	50		



Významné skupiny environmentálních polutantů

Zdroje, Příklady, Efekty

C) Organické toxické látky



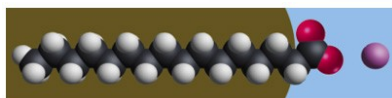
Komunální chemie

Příklady

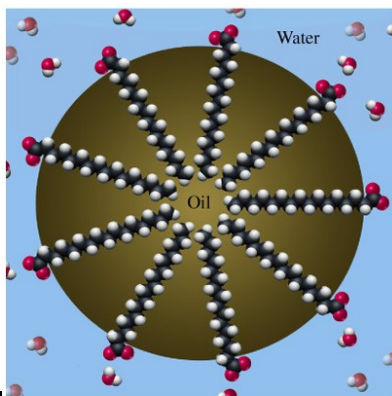
- mýdla a detergenty
- změkčovadla (*fosfáty – viz hnojiva*)
- chlor a jeho metabolity (*viz kyseliny*)

Zdroje

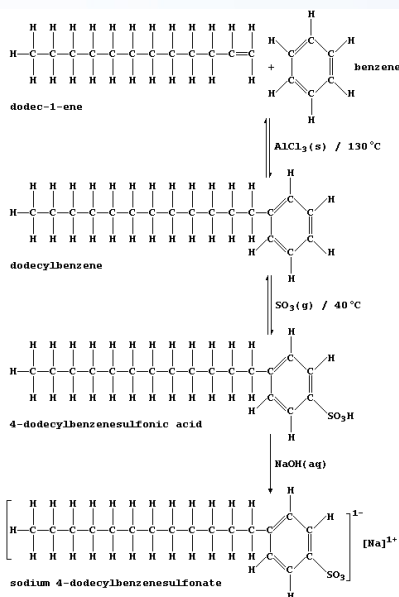
Bodové : domácí a průmyslové použití – **odpadní vody**, skládky



(a)



(b)



Komunální chemie

Molekulární mechanismus toxicity

toxicita pro membránové dvojvrstvy
- **snižování povrchového napětí, polární narkoza (logP), specifické efekty (estrogeny)**

Efekty - producenti

: **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita

Efekty - konzumenti

: **akutní toxicita** : letalita, poškození povrchu těla, žaber, sliznic ...
: **estrogenita (?), endokrinní disrupce ... (alkylfenoly)**

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita

Další specifika

krátký poločas života, dobrá biodegradabilita



Nehalogenovaná rozpouštědla

Příklady

Alifatická: methanol, ethanol, isopropanol, glykol ethery, formaldehyd, aceton, cyklohexan, n: hexan

Aromatická: benzen, toluen, styren, o: xylen, ethylbenzen
(BTEX – kontaminace podzemních vod)

Zdroje

Bodové : **průmysl, skládky**

Havárie : úniky při přepravě, havárie provoz



Nehalogenovaná rozpouštědla

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu rozpouštědla:

- : **narkotická akutní toxicita**
- : **polární narkoza**
- : denaturace proteinů - **reaktivita**
- : specifické mechanismy (*metabolity*)

Efekty - producenti

: akutní toxicita : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná **genotoxicita (po aktivaci MFO)**

Efekty - konzumenti

: akutní toxicita : letalita, poškození zdraví, **genotoxicita, karcinogenita (*leukemie – benzen*), chronická toxicita....**

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

Další specifika

těkavé (VOCs – volatile organic compounds)
biodegradovatelné



Alifatické halogenované uhlovodíky

Příklady

CCl_4 (chloroform)
1,1,1: trichloroethan
tetrachloroethylen

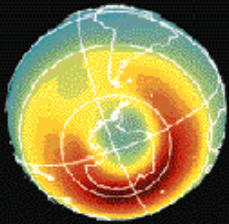
Freony a další látky ($\text{C}_x\text{Cl}_y\text{F}_z$)

Zdroje

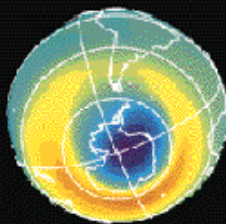
Bodové : průmysl, **kontaminace podzemních vod**, skládky, chladicí zařízení,

Havárie : úniky při přepravě, havárie provozů, chladicích zařízení

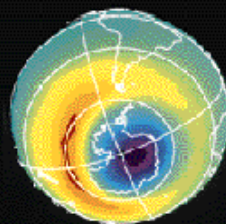
Depletion of the Ozone Layer



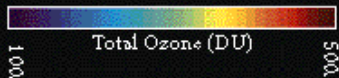
1979



1986



1996



Total Ozone (DU)

Since 1979, ozone levels have decreased over many parts of the world. The areas with the biggest ozone losses, like Antarctica (above), are purple. Normal ozone levels are usually around 300 Dobson Units (DU).

Source: NASA/Goddard Space Flight Center

Globální problémy

- Úbytek stratosferické ozonové vrstvy

Alifatické halogenované uhlovodíky

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

- : **narkotická akutní toxicita**
- : polární narkoza
- : denaturace proteinů - **reaktivita**
- : **specifické mechanismy - karcinogenita**

Efekty - producenti

: akutní toxicita : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná **genotoxicita** (po aktivaci MFO)

Efekty - konzumenti

: akutní toxicita : letalita, poškození zdraví, **karcinogenita**, chronická toxicita

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, genotoxicita

Další specifika

Kontaminace podzemních vod – dichloreten (DCE), trichloreten (TCE) – **stabilní v anaerobních podmínkách**, remediace = oxidace



Aditiva - chemické látky průmyslu gumy a plastů

Příklady

ftaláty - měkčidla

fenolové látky

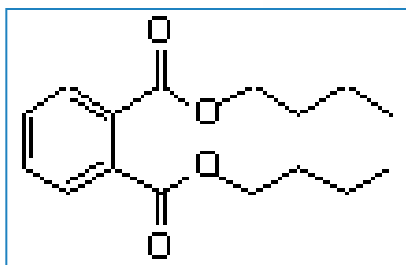
PBDEs – polybromované difenylethery – **zhášedce hoření**

fenylendiamin, naftylaminy,
sulfonamidy

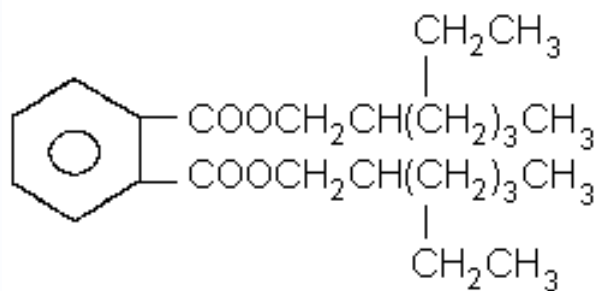
Zdroje

Bodové : průmysl, skládky

Plošné : **uvolňování přímo z materiálů**

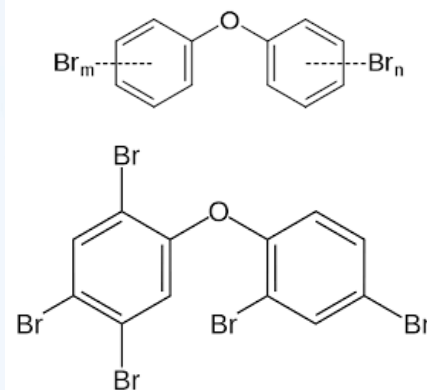


Dibutylphthalate (DBP)



Di-ethylhexylphthalate (DEHP)

PBDEs



Aditiva - chemické látky průmyslu gumy a plastů

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

: **hormonální regulace, karcinogenita, ovlivnění procesů metabolismu**

: **polární narkoza, detergenty ...**

: denaturace proteinů

: nescifické mechanismy

Efekty - producenti

: **akutní toxicita** : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná genotoxicita

Efekty - konzumenti

: **ftaláty a PBDEs** – chronické účinky, **karcinogenita, endokrinní disrupce**,

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, genotoxicita

Další specifika

rel. dobře biodegradovatelné, vysoké koncentrace ve vzduchu



Polymery, plasty

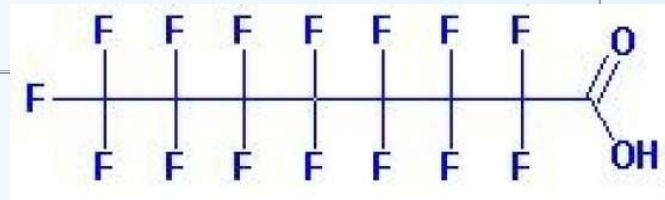
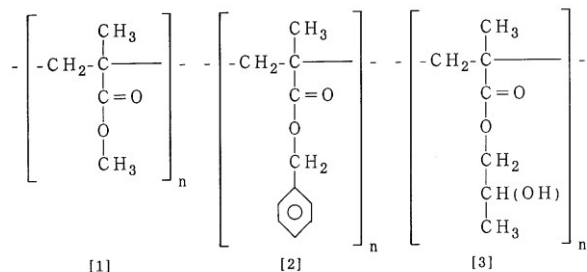
Příklady

Zdroje

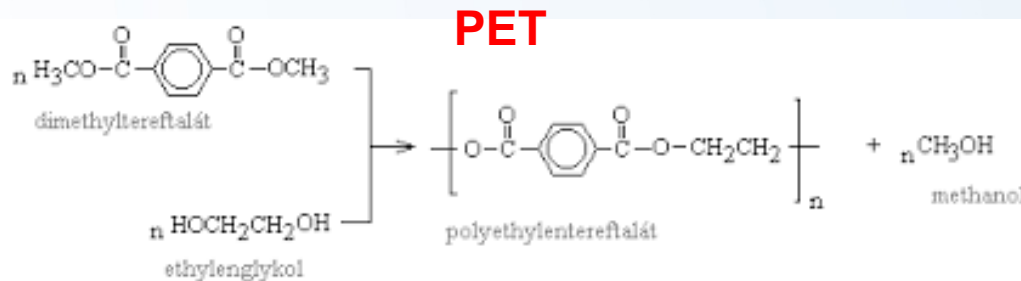
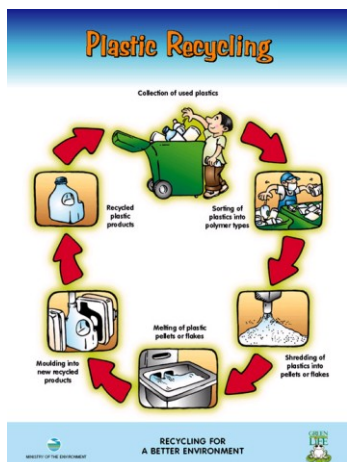
termoplasty : **PE, PET, PP, PVC,**
 PVDC, PS, PA, PC, PTFE
termosety : UPs, EPs, **PURs,** UF,
 UM, PF
Perfluorované látky (teflon) –
 PFOA (perfluorooktanová kyselina)

Bodové : průmysl, skládky

Plošné : nerozložitelné odpady



PFOA



Polymery, plasty

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

: negenotox. karcinogenita

: narkoza (?)

: **specifické mechanismy u meziproduktů**
- radikály, oxidativní stres

PFOA – chronická toxicita

Efekty - producenti

Efekty - konzumenti

Efekty - destruenti

- nízká přímá toxicita

- rozklad : toxicita monomerů !

Další specifika

velká stabilita pro biotransformaci, PVC: **spalování → chlorované POPs**
perfluorované látky – repelence vody (teflon)



Persistentní organické halogenované látky

*POPs – velmi heterogenní skupina (PCBs, PCDDs, chlorované pesticidy ...),
Zde PCBs (PBBs), PCDD/Fs (PBDD/Fs) - společný mechanismus toxicity*

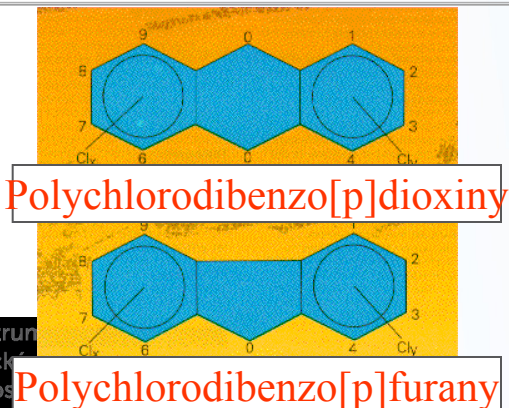
Příklady

PCBs

*Průmyslový produkt - 209
strukturních kongenerů
zakázány v 70. letech, stále velký
význam a koncentrace v prostředí!*

PCDDs / Fs

*Vedlejší produkty spalování a
průmyslové výroby*

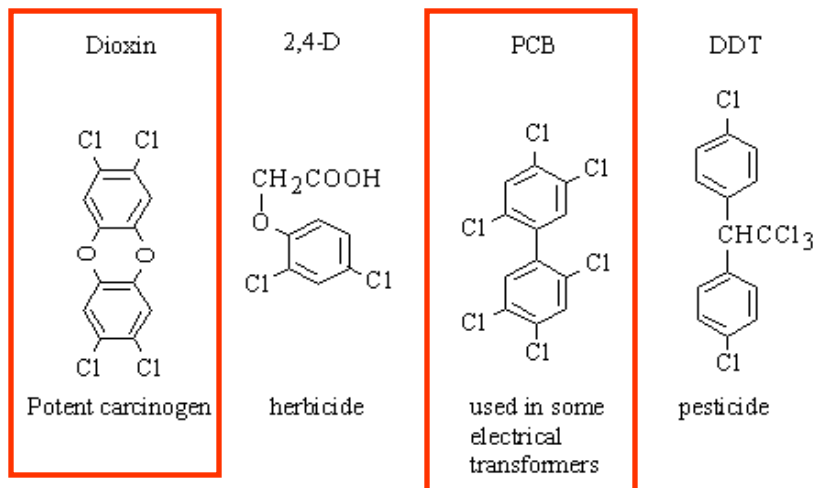


Zdroje

Bodové : průmysl, spalovny

Plošné : nátěry, transformátory,
úniky z výrobků

Infamous Chlorinated Aromatic Hydrocarbons



Persistentní organické halogenované látky (PCBs, PCDD/Fs)

Molekulární mechanismus toxicity

: **specifické mechanismy toxicity (AhR, endokrinní disrupce ...)**

: *narkotická akutní toxicita až při vysokých koncentracích* → chlorakné: viz obrázek

Efekty – producenti

: změny fotosyntézy, růst, letalita

Efekty - konzumenti

: **karcinogenita, chronické efekty spojené s aktivací AhR a dalšími specif. mechanismy (imunotoxicita, neurotoxicita ...)**

Efekty - destruenti

: akutní toxicita :
růst, letalita,
změny metabolické aktivity



Další specifika

**vysoká persistence a bioakumulace,
dálkový transport atmosférou, globální problém !!!**

Pesticidy : insekticidy (halogenované)

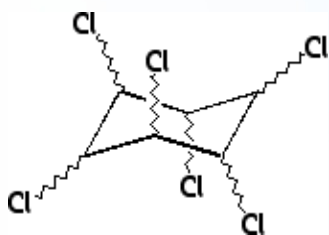
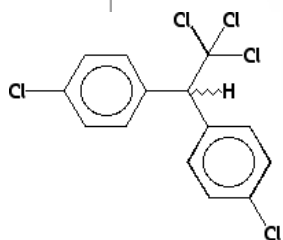
Pesticidy zařazované do skupiny POPs

Příklady

Zdroje

DDT, driny (endrin, aldrin, dieldrin) endosulfan, **HCH (lindan)**, toxafen
 - řada zakázána, **rozvojové země – stále se užívají, persistence !**

Plošné : zemědělství, **dálkový transport**
Bodové : uchování a skládky odpadů

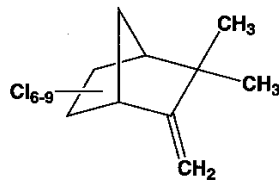


DDT

(v přírodě také řada derivátů - DDE, DDD ...)

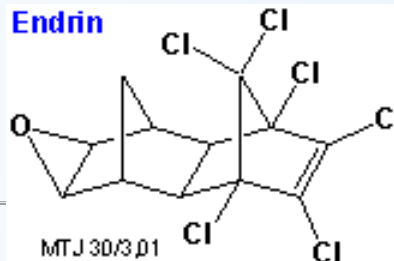
Lindan

= gamma-hexachlorocyclohexan (konformační izomery !)

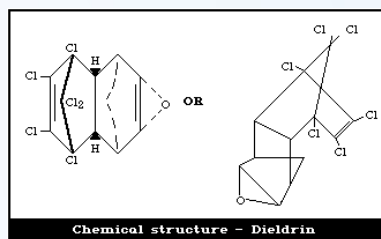


Toxaphene: A Mixture of Chlorinated Camphene

Endrin

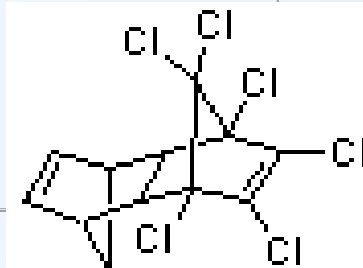


Dieldrin

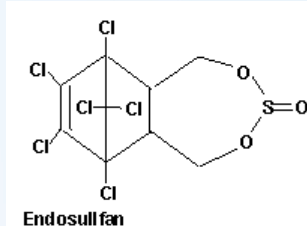


Chemical structure - Dieldrin

Aldrin



Endosulfan



Endosulfan



Pesticidy : insekticidy (halogenované)

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

- : **neurotoxicita – cílové organismy**
(řada mechanismů nevyjasněných)
- : **endokrinní disrupce (necílová toxicita)**
- : *narkotická toxicita při vyšších dávkách*

Efekty - producenti

: akutní toxicita narkotická, možné účinky na fotosyntézu, rozmnožování
(řada efektů nejasných)

Efekty - konzumenti

- **chronická toxicita : neurotoxicita,**
- **reprodukční poruchy – dravci, ryby**
akutní toxicita : narkoza,

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

Další specifika

**vysoká persistence a bioakumulace,
dálkový transport atmosférou**

Pesticidy : **insekticidy** (nehalogenované)

Příklady

karbamáty : adicarb, phorate, carbofuran, carbaryl

organofosfáty : acephate, dichlorvos, dicrotophos, trichlofon, chlorpyrifos, diazinon, malathion, parathion

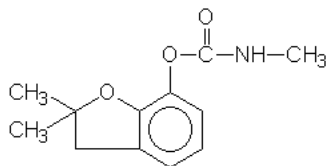
pyrethroidy : pyrthrum, permethrin, cypermethrin, flumethrin

Zdroje

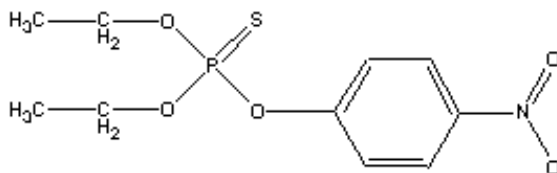
Plošné : zemědělství

Bodové : uchování a skládky odpadů

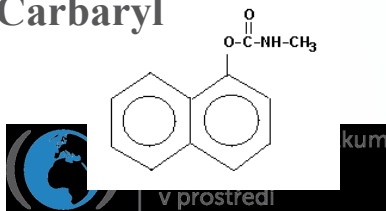
Carbofuran



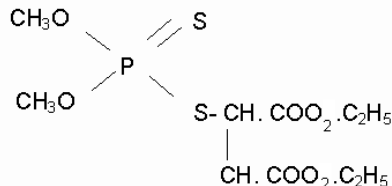
Parathion



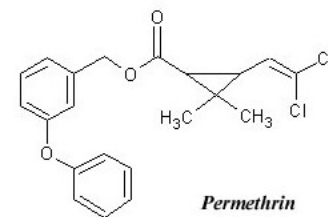
Carbaryl



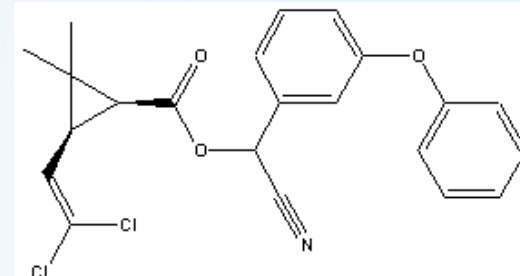
Malathion



Permethrin



Cypermethrin



Pesticidy : insekticidy (nehalogenované)

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

: **inhibice acetylcholinesterázy**

: další specifické mechanismy -

neurotoxicita

Efekty - producenti

: akutní toxicita narkotická, méně specifické účinky

Efekty - konzumenti

-**akutní neurotoxicita (cílové organismy)**

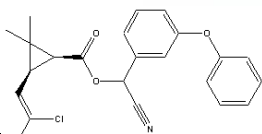
-**reprodukční poruchy a endokrinní disrupce (necílové organismy)**

: akutní toxicita : narkoza,

Efekty - destruenti

akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

Cypermethrin



Pesticidy : herbicidy

Vyšší spotřeba než insekticidy - v povrchových vodách a prostředí častěji

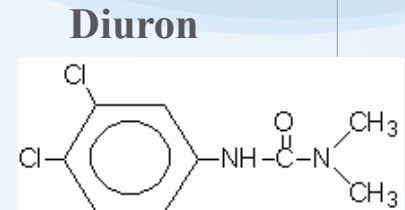
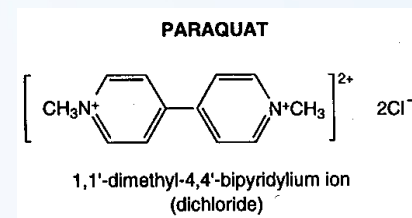
Příklady

anorganické : sodium chlorate
bipyridylium : paraquat, diquat
phenoxy kyseliny : 2,4-D, 2,4,5-T,
Mecoprop, Fenprop
další org. kyseliny : haloxyfop,
dicamba
substituované aniliny : alachlor,
propachlor, propanil
močoviny a thiomčoviny : diuron,
linuron, monolinuron
nitrily : ioxynil, bromoxynil
triaziny : atrazin, simazin
triazoly : amitrol
organofosfáty : glyphosate,
glufosinate

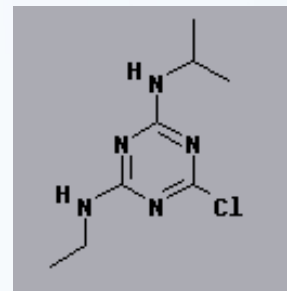
Zdroje

Plošné : zemědělství

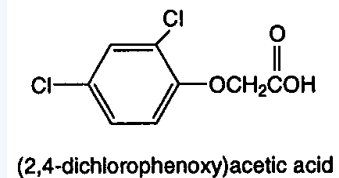
Bodové : uchování a skládky
odpadů



atrazin



2,4-D



Pesticidy : herbicidy

Molekulární mechanismus toxicity

podle druhu látky:

: inhibice fotosyntézy, inhibice rostlinných hormonů, produkce radikálů ...

: narkotická toxicita

: vedlejší účinky v necílových organismech

Efekty - producenti

akutní toxicita : letalita : účinky na fotosyntézu, proteosyntézu

Efekty - konzumenti

akutní toxicita, chronická toxicita :
vedlejší účinky : reprodukční toxicita, neurotoxicita

Efekty - destruenti

: akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity

Další specifika

u řady persistence a bioakumulace, dálkový transport atmosférou



Farmaka

- humání a veterinární -

Příklady

Zdroje

-Relativně méně informací o dopadech v životním prostředí

- veterinární léčiva – větší význam (velké dávky)

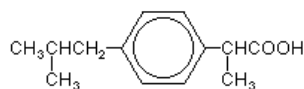
-běžná léčiva – řada ve významných koncentracích ve vodách:

antibiotika (tetracykliny, erytromycin 1-10 ug/L), paracetamol + k. acetylsalicilová (100-400 ug/L), ibuprofen, cytostatika

Bodové

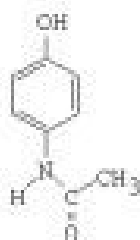
- nemocnice, **chovy zvířat** – veterinární přípravky, chovy ryb

ibuprofen



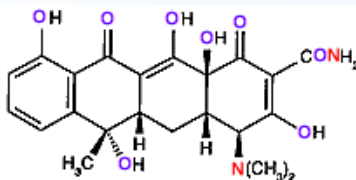
C₁₃H₁₈O₂

paracetamol



Paracetamol

tetracyclin



Centrum pro vý
toxických látek
v prostředí

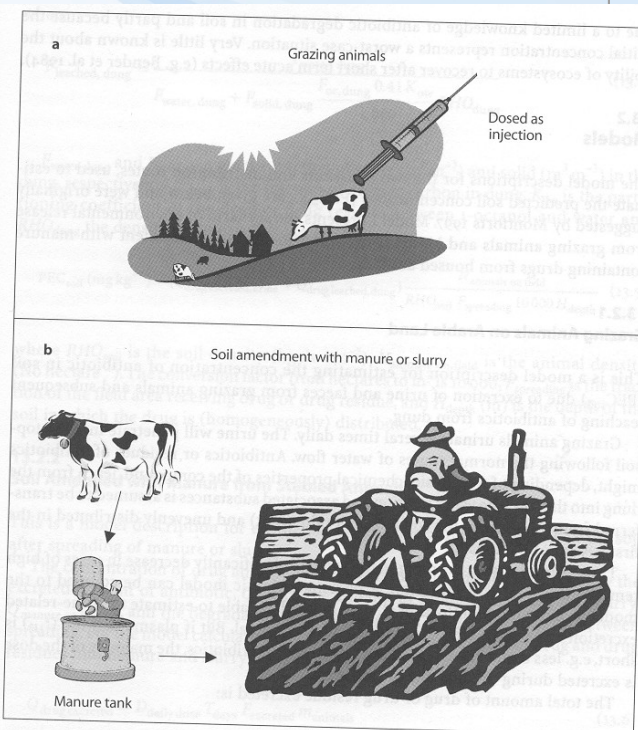


Fig. 13.1. Exposure routes to the terrestrial environment; a grazing animals; b soil amendment with manure or slurry

Farmaka

Molekulární mechanismus toxicity

podle typu látky ...

- antibiotika, cytostatika – *genotoxicita*,
hormony, analgetika, protizánětlivé ...

Efekty - producenti

Efekty - konzumenti

Efekty - destruenti

málo informací o ekotoxikologii farmak;
: pro vybrané látky - základní informace
ze standardních testů

: **mikroorganismy –efekty antibiotik**

Další specifika

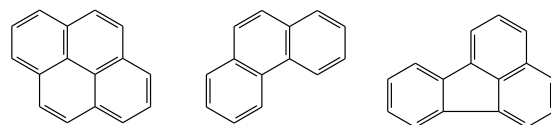
zpravidla degradovatelné,
málo informací o významu v prostředí

Polycyklické aromatické uhlovodíky

Příklady

benzo[a]pyren, naftalen, pyren,
anthracen, inden,
dibenzanthraceny

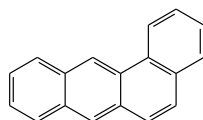
*rutinně sledováno (jen!)
tzv. **US-EPA priority PAHs** –
vybraných 16 látek*



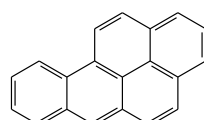
Pyren

Phenanthren

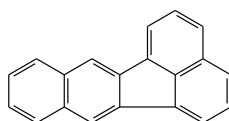
Fluoranthen



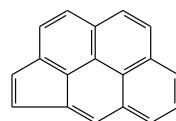
Benz[a]anthracen



Benzo[a]pyren



Benzo[k]fluoranthen



Cyclopenta[cd]pyren

Zdroje

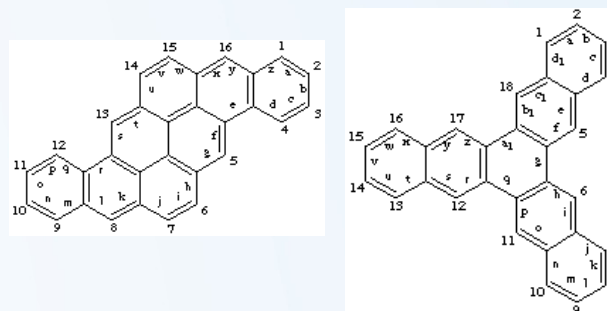
Bodové : spalovny, průmysl

Plošné : **domácí topeniště**

Liniové : doprava

Vybrané struktury
PAHs

Vysokomolekulární PAHs
- špatně stanovitelné, málo informací



Polyaromatické uhlovodíky

Molekulární mechanismus toxicity

- : **genotoxicita (po aktivaci MFO)**
- : **specifické mechanismy (AhR, EDCs)**
- : narkotická akutní toxicita

Efekty - producenti

- : změny fotosyntézy, růst, letalita, možná genotoxicita (po aktivaci MFO)

Efekty - konzumenti

- : **genotoxicita, karcinogenita, chronické efekty spojené s aktivací AhR a dalšími specif. mechanismy (imunotoxicita, neurotoxicita ...)**

Efekty - destruenti

- : akutní toxicita : růst, letalita, změny metabolické aktivity, genotoxicita

