



Projekt „Inovace výuky v oblasti ochrany a welfare“

reg.č.projektu

CZ.1.07/2.2.00/07.0165

přednáška pro předměty H1ZP a H1CR1

prof. RNDr. Milada Vávrová, CSc.



„Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky“



Chemie perzistentních organochlorových sloučenin v potravních řetězcích

prof. RNDr. Milada Vávrová, CSc.



Perzistentní organické polutanty

- řada převážně syntetických chemických xenobiotik, které díky svým fyzikálně-chemickým vlastnostem představují závažná rizika pro životní prostředí i pro potravní řetězce
- rovněž jsou známe pod označením (PBT) Persistentní, Bioakumulativní a Toxické látky
- široké spektrum syntetických látek i vedlejších produktů chemických procesů

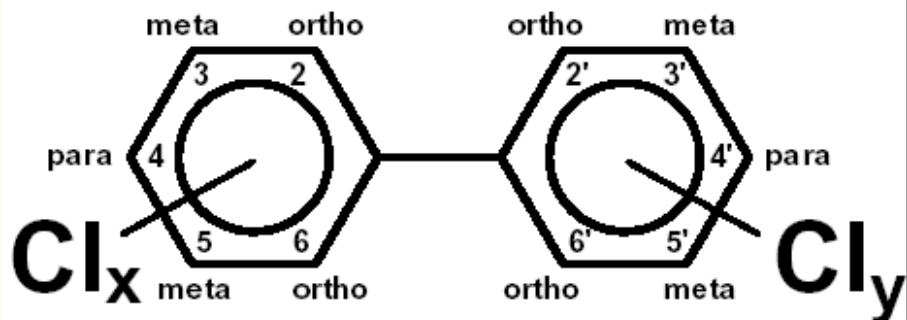


Perzistentní organické polutanty

- Polychlorované bifenyly (PCB) ⇒ množství komerčních směsí a produktů; 10 homologických řad; velké množství izomerů
- Pesticidy - DDT, HCH, HCB, methoxychlor, mirex, aldrin, ...
- Emise z antropogenní činnosti ⇒ PCDD/F, OCS, HCB, PAH



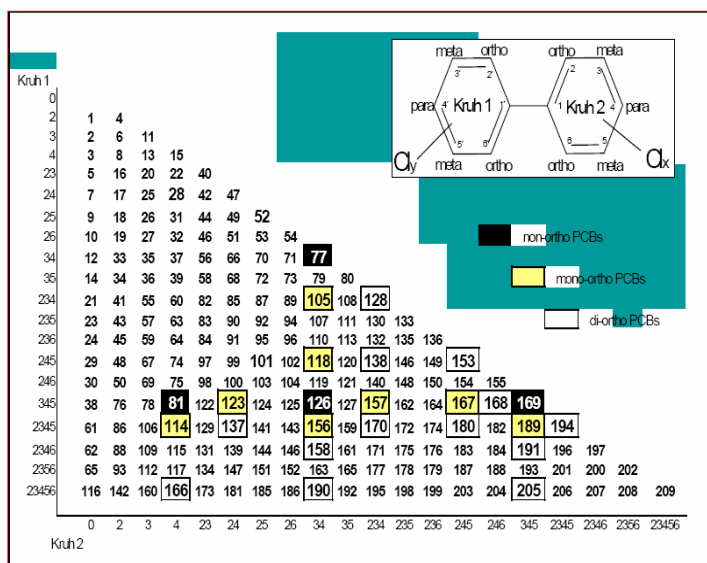
Polychlorované bifenyly



Polychlorované bifenyly

- Velká skupina organických látek odvozených od *bifenyly*
- Celkem známo 209 kongenerů s různým stupněm chlorace
- Hodnotí se indikátorové kongenery (CB 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180), toxické kongenery (například CN 77, 126), minoritní a majoritní kongenery
- Velký počet průmyslových aplikací (vyrobena cca 1 500 mil. kg technických směsí)
- Pravděpodobné karcinogeny pro člověka (dle WHO kat. B2)

Nejvýznamnější kongenery PCBs





Polychlorované bifenyly

- termostabilita; chemická inertnost, malá těkavost
- odolnost vůči kyselinám a zásadám, oxidaci i redukci
- výborná mísitelnost s organickými rozpouštědly (lipofilita)
- nekorozivnost; dobrá schopnost elektroizolace (vysoký elektrický odpor); výborné tepelné vlastnosti
- vynikající fyzikálně-chemické vlastnosti
- relativní molekulová hmotnost : $M = 188$ až 494
- bod tání $34 - 198$ °C; bod varu $260 - 450$ °C



Polychlorované bifenyly

- PCB byly poprvé syntetizovány v roce 1881 a komerčně se začaly vyrábět v roce 1929
- Jako kontaminanty ŽP byly náhodně objeveny Jensenem v roce 1966
- Nejčastěji používané komerční přípravky: Aroclor, Phenoclor
- V bývalém Československu byly vyráběny v letech 1959 - 1984 ve společnosti Chemko Strážské (dnešní Slovensko v oblasti Zemplínské Šíravy) pod názvem Delor, Hydeler, Delotherm



Polychlorované bifenyly

- PCB se však nikdy nevyráběly jako samostatné kongenery, vždy jako komerční směsi
- Základní technická směs vždy obsahovala množství dalších chlorovaných bifenyly a příměsi jiných kontaminujících cizorodých látek, např. polychlorovaných naftalenů
- Sériová výroba byla založena na chloraci bifenyly a následné separaci a čištění požadovaných frakcí



Polychlorované bifenyly

- PCB se používaly jako součásti tiskařských tuší, pesticidů a v některých státech se v menší míře stále používají jako plastifikátory, dielektrika, hydraulické kapaliny, média na výměnu tepla a látky zabraňující hoření
- Hlavní použití PCB v ČR bylo v uzavřených systémech jako chladicí kapaliny; jako dielektrické kapaliny používané do transformátorů a kondenzátů
- Jako ohnivzdorné a teplotně odolné antikorozní hydraulické kapaliny v důlních zařízeních
- Jako přísady do barev, kde bylo využito především jejich viskozity



Polychlorované bifenyly

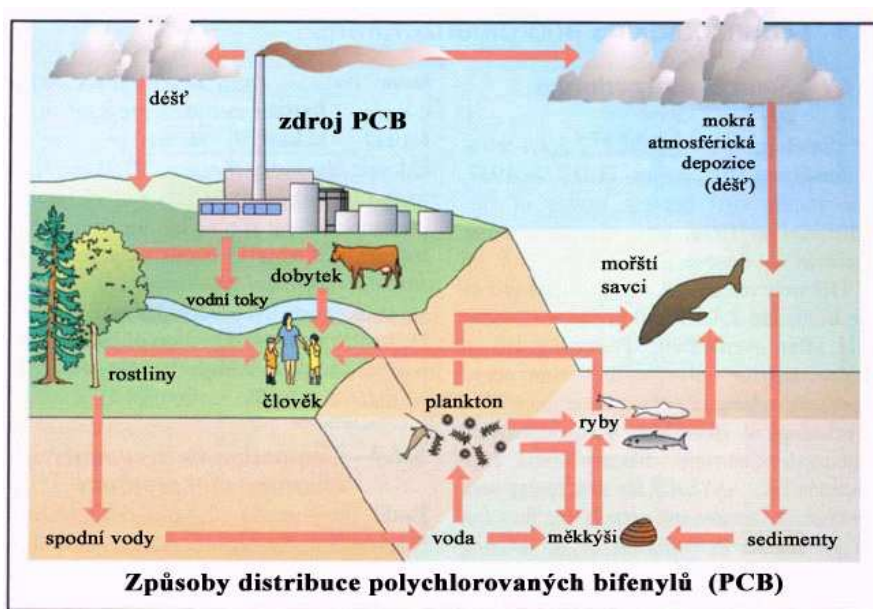
- V současné době je známá řada úniků z těchto uzavřených systémů do prostředí, především vlivem jejich netěsností
- Velký problém představují rovněž malé kondenzátory, které nejsou snadno separovatelné a využitelné a navíc jsou považovány za nebezpečné odpady
- Z velké části byly a jsou tyto úniky sanovány a počet kontaminovaných míst se neustále snižuje



Polychlorované bifenyly

- Do lidského organismu se PCB dostávají potravou, pitnou vodou, inhalací a kontaktem s pokožkou
- Vyznačují se výbornými lipofilními vlastnostmi a proto se kumulují v lidském těle
- Toxicita některých kongenerů je značně vysoká pro zvířata i pro člověka a její projevy jsou závislé na druhu organismu

Polychlorované bifenyly



Polychlorované bifenyly

- **Biologické a toxické účinky PCB ovlivní především jejich struktura**
- **Pro lidský organismus je významnější chronický efekt**
- **Akutní efekt spočívá hlavně ve vyřazení jaterního oxidačního systému, což vede k hromadění toxických mezproduktů**

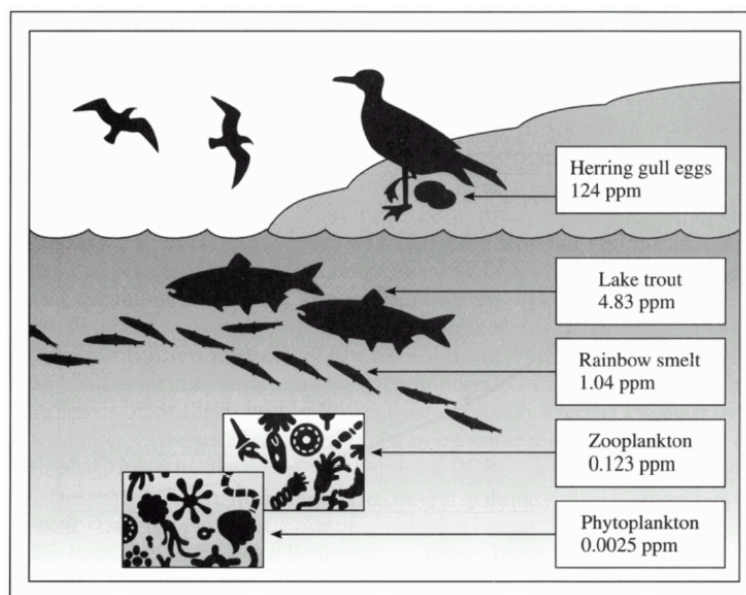


Polychlorované bifenyly

- PCB se snadno akumulují v tukových tkáních
- V důsledku hromadění v potravních řetězcích se nejvyšší koncentrace vyskytují u vrcholových predátorů
- Nejohroženější skupinou organismů jsou mořští savci, u kterých dochází k narušení reprodukční schopnosti
- PCB jsou toxické i pro ostatní vodní organismy, nejohroženější jsou raná vývojová stádia
- Další skupinou ohroženou PCB jsou ptáci



Polychlorované bifenyly





Polychlorované bifenyly

- V atmosféře se PCB vyskytují hlavně v plynné formě (87 – 100 %), menší množství je navázáno na pevné částice
- Sorpce se zvyšuje se stupněm chlorace
- Z vody a půdy PCB v malé míře těkají do atmosféry
- Z atmosféry jsou zpětně odstraňovány pomocí mokré a suché depozice
- Degradace PCB v prostředí závisí na stupni chlorace
- Perzistence se zvyšuje s rostoucím množstvím chloru v molekule



Polychlorované bifenyly

- Ve vodě se PCB sorbují na sedimenty a organickou hmotu; koncentrace v sedimentech je > ve vodě
- Vodní ekosystémy jsou polychlorovanými bifenyly ohroženy nejvíce
- Nížechlorované PCB se sorbují méně, proto se z půd a sedimentů snáze vyluhují
- Sorbce na sedimenty a organickou hmotu ⇒ vodní sedimenty jsou zásobníky PCB
- Transport PCB ve vodě ⇒ unášení sedimentů při deštích, krupobití, vířením vody, zrychlením průtoku apod.



Polychlorované bifenyly

- Ve vodním prostředí je jediným abiotickým degradačním procesem fotolýza
- Ve vodě a půdě může docházet k velmi pomalé biodegradaci
- Mono-, di- a trichlorované bifenyly degradují poměrně rychle
- Výšechlorované bifenyly jsou vůči aerobně probíhající biodegradaci rezistentní
- Výšechlorované bifenyly mohou být rozkládány pouze anaerobně



Polychlorované bifenyly

- Dominantním transformačním procesem pro PCBs přítomné v plynné atmosférické fázi je reakce s hydroxylovými radikály vznikajícími fotochemicky vlivem slunečního záření
- Doba setrvání v atmosféře se liší u jednotlivých kongenerů (10 dní až 1,5 roku)
- Rychlost degradace je také ovlivňována polohou chloru
- PCB s atomy chloru v para poloze jsou biodegradovány snáze



Polychlorované bifenyly

- PCB mohou vstupovat do těla inhalačně a především kontaminovanou potravou
 - ⇒ ryby, ptáci, hospodářská zvířata; kontaminace z prostředí
 - ⇒ přímá kontaminace potravin nebo migrace kontaminantu z obalu
- PCBs se akumulují v játrech, tukových tkáních a mateřském mléce
- Mohou procházet placentou



Polychlorované bifenyly

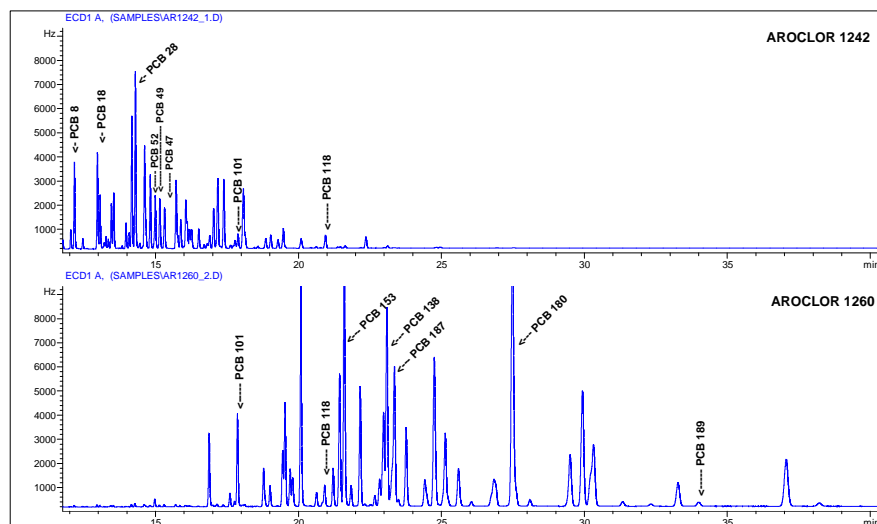
- Expozice PCB ovlivňuje mozek, oči, srdce, imunitní systém, játra, ledviny, reprodukční systém a štítnou žlázu
- Expozice těhotných žen může způsobovat snížení porodní váhy a neurologické poruchy dětí
- Chronické inhalační expozice ovlivňují dýchací ústrojí (kašel), trávicí trakt (anorexie, ztráty hmotnosti, zvracení, bolest břicha), játra, kůže (chlorakné, vyrážky) atd.
- Expozice PCB může způsobovat rakovinu jater
- Akutní expozice způsobují poškození kůže, poruchy sluchu a zraku a křeče

Polychlorované bifenyly

Princip stanovení

- ▣ biotický vzorek extrahován pomocí zrychlené extrakce rozpouštědlem (PSE - Pressurized solvent extraction)
- ▣ extrakt přečištěn kyselou hydrolyzou
- ▣ pomocí semipreparativní HPLC izolovány frakce planárních a ostatních PCBs
- ▣ analýza pomocí vysokorozlišovací plynové chromatografie s detekcí elektronového záchytu

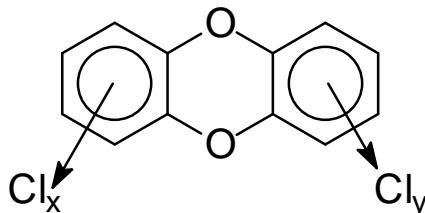
Polychlorované bifenyly



ukázka GC chromatogramu níže- a výšechlorovaných technických směsí

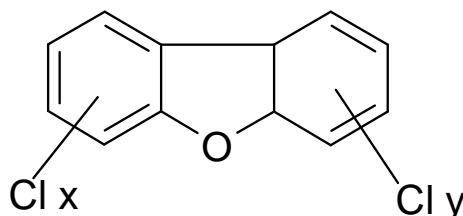


Polychlorované dibenzodioxíny a dibenzofurany



$$x = 1 - 4$$

$$y = 0 - 4$$



PCDDs/Fs

- Teoreticky lze odvodit 75 kongenerů PCDD a 135 kongenerů PCDF obsahujících jeden až osm atomů chloru.
- V literatuře je uváděno následujících 17 nejtoxičtějších kongenerů z celé skupiny PCDD a PCDF:
 - PCDD 48 (2,3,7,8); 54 (1,2,3,7,8); 66 (1,2,3,4,7,8); 67 (1,2,3,6,7,8); 70 (1,2,3,7,8,9); 73 (1,2,3,4,6,7,8); 75 (1,2,3,4,6,7,8,9)
 - PCDF 83 (2,3,7,8); 94 (1,2,3,7,8); 114 (2,3,4,7,8); 118 (1,2,3,4,7,8); 121 (1,2,3,6,7,8); 124 (1,2,3,7,8,9); 130 (2,3,4,6,7,8); 131 (1,2,3,4,6,7,8); 134 (1,2,3,4,7,8,9); 135 (1,2,3,4,6,7,8,9)



PCDDs/Fs

- Do životního prostředí a současně do potravních řetězců pronikají PCDD a PCDF nejenom z primárních zdrojů
- Úniky z kontaminovaných skládek, z kalů z čistíren odpadních vod (ČOV) a jako atmosférický spad
- Poslední způsob jejich vstupu do terestrického ekosystému, tj. imisní zátěž okolí bodových zdrojů jako jsou spalovny je považována za velmi významnou



PCDDs/Fs

- Vyloučit nelze ani kontaminaci krmiv pro hospodářská zvířata nebo drůbež. Při konzumaci kontaminovaných krmiv dochází k průniku škodlivin do organismu zvířat.
- Významným zdrojem může být zejména hovězí maso a mléko, resp. mléčný tuk, ale také kuřecí maso, vejce a další potraviny.



PCDDs/Fs

- Také v případě vodního ekosystému je hlavní cestou kontaminace atmosférická depozice, přičemž v úvodní fázi dochází ke kumulaci TCDD a PCDF v bentosu, který je potravou živočichů na vyšší trofické úrovni.
- Hladiny těchto kontaminantů v potravinách jsou velmi nízké, běžně se pohybují na úrovni jednotek až desetin $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ tukového podílu.



PCDDs/Fs

- Některé PCDD a PCDF především však 2,3,7,8-TCDD se vyznačují značnou toxicitou.
- V toxikologických experimentech se zvířaty se však studují především chronické účinky, tzn. dlouhodobé působení nízkých dávek.
- Mezi subchronickými efekty byla zaznamenána ztráta tělesné hmotnosti, patologické změny jater, brzlíku, lymfatických žláz, ztráta ochlupení a porfyrie.



Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany

- Patří mezi xenobiotika, jejichž toxicita je zprostředkována interakcí s Ah bílkovinným receptorem
- Vazba xenobiotika spouští řetězec různých reakcí, na jehož konci dochází ke zvýšené syntéze cytochromu P - 450 IA1
- Vytvořený komplex Ah receptor - xenobiotikum vstupuje do buněčného jádra a váže se na DNA



Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany

Stabilita komplexu mezi xenobiotikem a receptorem je obvykle hodnocena na základě indukce enzymů

- ⇒ arylhydrokarbon hydrolázy (AHH)
- ⇒ 7-ethoxyreso-rufin-O-deethylázy (EROD)



Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany

- Podobnost bioefektů u některých PCB a TCDD (tetrachlordibenzodioxinů) \Rightarrow z podobného prostorového uspořádání molekuly *non-ortho* PCB, které mají planární (rovinnou) sférickou konfiguraci a podobnou velikost a profil molekuly jako právě TCDD
- Testy ukazují, že koplanární PCB mají podobné toxické účinky jako PCDD a PCDF: dermální toxicita, imunotoxicita, hepatotoxicita, teratogenita atd.



Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany

- Pro posouzení toxikologického rizika vyplývajícího z expozice sloučenin podobných PCDD, které vykazují tzv. „dioxin-like“ efekt, lze použít model *faktoru ekvivalentní toxicity (TEF)*
- Ten je založen na aditivním efektu jednotlivých kongenerů a vyjadřuje jejich míru toxicity vzhledem k 2,3,7,8-TCDD



Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany

Tato TEF hodnota, daná pro určitý kongener, v kombinaci s chemickou koncentrací kongeneru ve vzorku bioty, umožňuje vypočítat toxicitu různých složitých směsí jako tzv. *ekvivalent toxicity (TEQ)*:

$$\text{TEQ} = \sum [(\text{PCDDi})_{\text{konc}} \times \text{TEFi}] + \sum [(\text{PCDFi})_{\text{konc}} \times \text{TEFi}] + \sum [(\text{PCBi})_{\text{konc}} \times \text{TEFi}]$$



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

Vstup PCDDs/Fs do ovzduší:

1. Emise (spalovací procesy)
2. Vznosem tuhých prachových částic
3. Odpařováním z půdy, skládek...

- Množství PCDDs/Fs v ovzduší je ovlivněno různými sezónními, regionálními a meteorologickými podmínkami.
- Nejdůležitější environmentální procesy: Vypařování, suchá a mokrá atmosférická depozice, chemické reakce, fotodegradace.



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

- Těkání, rozdělení mezi plynnou a tuhou fází

PCDDs/Fs distribuován mezi plynnou a tuhou fází (poměr je ovlivňován tlakem nasycených par každého kongeneru a celkovou koncentrací suspendovaných částic)

- nížechlorované - především v plynné fázi
- hepta- a oktaCDDs/Fs - vázané na tuhých atmosférických částicích



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

- Suchá a mokrá depozice

1. Depozice atmosférických částic

Velikost částic ovlivňuje:

Dobu jejich setrvání v atmosféře (čas, za který je $\frac{1}{2}$ kontaminantu deponována nebo degradována) - větší částice jsou účinně odstraňovány suchou i mokrou depozicí, chemické reakce a fotolytická degradace jsou ve srovnání s depozicí zanedbatelné.

Dálkový transport - částice větší než 10 μm způsobují lokální kontaminaci, částice menší než 1 μm jsou transportovány.



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

2. Depozice PCDDs/Fs v plynné fázi

Látky méně reaktivní a méně rozpustné ve vodě mají nižší rychlost odstraňování z atmosféry => rychlost depozice v plynné fázi bude velmi nízká, téměř zanedbatelná, hlavní cesta degradace = **fotolytická degradace**

Vymývací poměr (W) při mokré depozici je definován: $W = C_{RW}/C_A$

kde C_{RW} - koncentrace ve srážkové vodě, C_A - koncentrace ve vzduchu.

TCCDs při 25°C $W = 10^3$ (pro látky odstranitelné z atmosféry je $W = 10^5 - 10^6$) => mokrá atmosférická depozice má pro PCDDs/Fs malý význam



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

Chemické reakce

PCDDs/Fs v plynné fázi podléhají především těmto reakcím:

- Reakce s ozonem O_3
- Reakce s radikály $\cdot NO_3$, $HO_2\cdot$, $\cdot OH$

1. Reakce s ozonem

Rychlostní konstanta je menší než $10^{-19} \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

=> reakce má zanedbatelný význam

Poločas života PCDDs/Fs při reakcích s O_3 se odhaduje na více než 20 dní



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

2. Reakce s radikály $\cdot\text{NO}_3$

- pozorovány pro dibenzo-p-dioxin a 1-chlorodibenzo-p-dioxin, ale značná část vzniklého $\cdot\text{NO}_3$ byla zpětně rozložena na výchozí složky
- rychlostní konstanta při pokojové teplotě je velmi malá \Rightarrow reakce lze považovat za zanedbatelné v procesu troposférických ztrát PCDDs/Fs

3. Reakce s radikály $\text{HO}_2\cdot$

- reakce $\text{HO}_2\cdot$ s alkeny - zanedbatelný význam v čistících procesech v atmosféře, aromatické sloučeniny (a také PCDDs/Fs) s těmito radikály téměř nereagují



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

4. Reakce s radikály $\cdot\text{OH}$

- mají jako jediné z uvedených radikálů velký význam při atmosférické degradaci PCDDs/Fs.
- počátečním krokem je adice $\cdot\text{OH}$ na aromatický kruh a vznik hydroxycyklohexadienylového radikálu
- rychlostní konstanta klesá s počtem substitucí chlorem
- poločas života sloučeniny při reakcích s těmito radikály: 1 - 9 dní pro PCDDs a 4 - 29 dní pro PCDFs, tato doba roste s počtem atomů chloru v molekule



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

5. Fotodegradace

PCDDs/Fs adsorbované na částice - téměř nepodléhají fotodegradaci

PCDDs/Fs v plynné fázi - fotodegradace probíhá relativně rychle

fototransformační procesy jsou ovlivněny environmentálními parametry

rychlost fotodegradace se zvyšuje v přítomnosti H_2O_2



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

Doba setrvání v atmosféře

Odstranění PCDDs/Fs z atmosféry:

- dioxiny v plynné fázi - fotochemickou transformací
- dioxiny vázané na částice menší než 1mm - mokrou depozicí
- dioxiny vázané na větší částice - suchou depozicí

V létě hrají transformační reakce větší roli než v zimě (je vyšší procento kongenerů v plynné fázi, intenzivnější procesy v důsledku UV záření)



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

Hladiiny PCDDs/Fs ve volném ovzduší

- PCDDs/Fs emitovány do ovzduší - spalovací procesy, průmyslová výroba
- ze zdrojů jsou transportovány na velké vzdálenosti, mohou ovlivnit oblasti daleko od zdroje
- během transportu podléhají změnám (chemická transformace a degradace, suchá a mokrá depozice), které mohou ovlivnit např. toxicitu nebo zastoupení kongenerů ve směsi PCDDs/Fs



PCDDs/Fs

Transport, transformace a degradace PCDDs/Fs v ovzduší

- Distribuce homologů ve volném ovzduší je vždy podobná a profil nezávisí na druhu lokality a jejím emisním zatížením.
- Profily ve volném ovzduší jsou ovlivněny fyzikálně chemickými vlastnostmi a chováním v atmosféře a nikoliv tedy emisním zdrojem.
- Celkové koncentrace PCDDs/Fs ve volném ovzduší se řádově pohybují v jednotkách $10^{-3} - 10^1 \text{ pg.m}^{-3}$
- Koncentrace v rozmezí $10^1 - 10^2 \text{ pg.m}^{-3}$ jsou limitní pro obsah PCDDs/Fs ve volném ovzduší i v emisích ze zdroje



Polybromované difenyl ethery (PBDE)

- skupina „nových“ persistentních halogenovaných polutantů
- používají se v celé řadě různých produktů, protože zpomalují hoření

Bromované retardátory hoření (BFR)

Reaktivní

- Začleněny do polymerní matrice
- Tetrabromobisfenol A

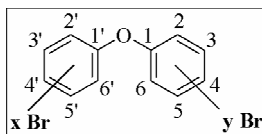
Aditivní

- Pouze přidány k matrici
- Polybromované difenyl ethery (PBDE)



Polybromované difenyl ethery (PBDE)

- Struktura PBDE
 $x + y = 1$ až 10



- Fyzikální a chemické vlastnosti

Kongener	Počet atomů Br	Log K_{ow}	Teplota tání (°C)	Rozpustnost ve vodě (mg/ml; 25°C)
47	4	6,55	83,5-84,5	0,015
99	5	7,13	90,5-94,5	0,0094
100	5	6,86	102	0,04
154	6	7,39	131-132,5	$8,7 \times 10^{-7}$
209	10	9,97	302,5	$4,17 \times 10^{-9}$

Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Výskyt PBDE

VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ

- vzduch
- sedimenty
- kaly z ČOV
- biologické vzorky
 - lidská krev
 - tuková tkáň
 - mateřské mléko

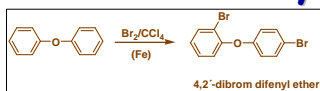
VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

- prach v bytech
- prach v kancelářích
- biologické vzorky
 - lidská krev
 - tuková tkáň
 - mateřské mléko

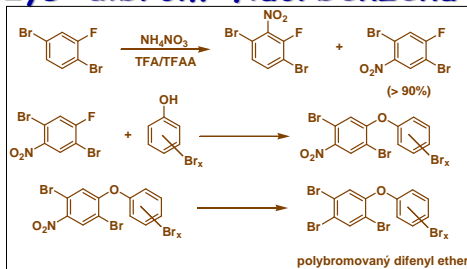
Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Výroba PBDE

□ Bromace difenyl etheru



□ Výroba kongenerů 153 a 154 z prekursoru 2,5-dibrom-fluorbenzenu





Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Použití PBDE

DekaBDE

- "high impact" polystyreny, nylon, PVC
- Bromkal 81; DE 83

OktaBDE

- součástky v PC, kancelářská technika ←
- Bromkal 79-8 DE; FR 143 ←

HexaBDE

- zejména v komečních směsích s *PentaBDE*
- BR 33 A

PentaBDE

- fenolové pryskyřice, textilie ←
- DE 71; Bromkal 70; Bromkal 61 ←

TetraBDE

- obdobné použití jako *PentaBDE*
- směsné komerční výrobky



Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Zdroje PBDE

□ Primární zdroje vstupu do ŽP:

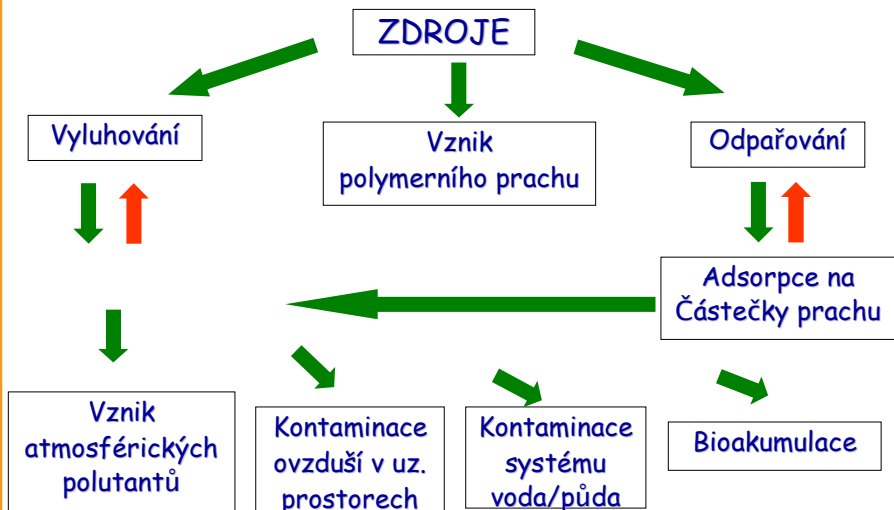
- Izolace, kabely, pojistky, vypínače
- Lamináty, koberce, imitace dřeva
- PC, TV
- Autodíly
- Nátěrové hmoty

□ Sekundární zdroje vstupu do ŽP:

- Revolatilizace ze sedimentů
- Odpařování z nátěrů

Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Zdroje a výskyt PBDE



Polybromované difenyl ethery (PBDE)

Toxikologické podmínky

Skupina BDE	Akutní toxicita	Chronická toxicita
<i>Tri</i> BDE	nevolnost, zvracení, bolesti žaludku, paralýza až kóma	ekzém, bolesti hlavy, podráždění, třes, ztráta paměti, anorexie, halucinace, otupělost
<i>Tetra</i> BDE	nevolnost, zvracení, paralýza až kóma, LD ₅₀ > 5 g/kg živé váhy (ordální podávání u myši)	ekzém, bolesti hlavy, podráždění, třes, ztráta paměti, anorexie, halucinace, poruchy artikulace
<i>Penta</i> BDE	podráždění sliznice, mírné podráždění při očním kontaktu, LD ₅₀ : 6200 mg/kg živé váhy (ordální podávání u myši)	poškození jater, možná reverzibilní thyrooidní hyperplazie
<i>Hexa</i> BDE	vysoké dávky způsobují nevolnost a zvracení, kóma či paralýzu, LD ₅₀ > 500 mg/kg živé váhy (ordální podávání u myši)	podráždění, třes, ztráta paměti, anorexie, bolest hlavy, otupělost
<i>Hepta</i> BDE	vysoké dávky způsobují nevolnost a zvracení, bolesti žaludku, kóma či paralýzu	ekzém, bolesti hlavy, podráždění, třes, ztráta paměti, anorexie, halucinace, poruchy řeči, otupělost
<i>Okta</i> BDE	jaterní změny	podráždění, ekzém, třes, ztráta paměti, anorexie, halucinace, poruchy řeči, otupělost
<i>Nona</i> BDE	nevolnost, zvracení, bolesti žaludku, paralýza	podráždění, ekzém, třes, ztráta paměti, anorexie, halucinace, poruchy artikulace, otupělost
<i>Deka</i> BDE	mírné podráždění při očním kontaktu LD ₅₀ > 1000 mg/kg živé váhy (ordální podávání u krys)	poškození jater a ledvin

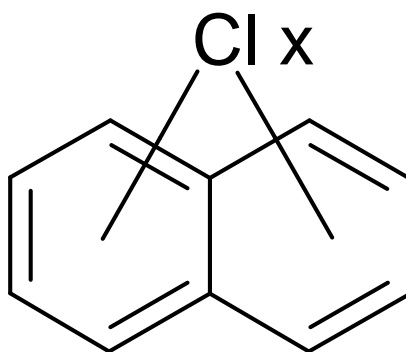


Ostatní organohalogenované kontaminanty

- V životním prostředí mohou být vedle sledovaných organochlorovaných pesticidů, PCB, PCDD a PCDF nacházeny i další strukturně příbuzné halogenované sloučeniny
- Polychlorované naftaleny (PCN, 12-64) se původně používaly hlavně jako ochranné povlaky gumových izolačních materiálů
- S ohledem na prokázané toxické účinky, chlorakné a akutní žlutá atrofie jater, bylo jejich použití v otevřených systémech zastaveno
- Stopy PCN lze též nalézt v technických směsích PCB

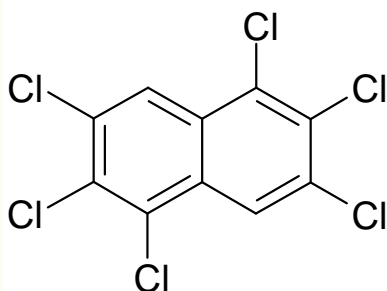


Ostatní organohalogenované kontaminanty

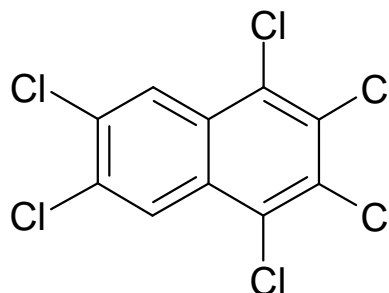


- Nejvyšší perzistencí se vyznačuje hexaCN
- U těchto látek byla též odhadnuta hodnota ekvivalentu toxicity (TEF) na 0,01

Ostatní organohalogenované kontaminanty



1,2,3,5,6,7-hexachloronaftalen
(12-67)

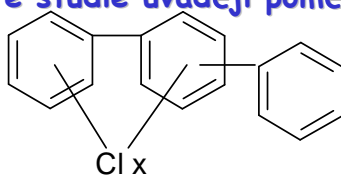


1,2,3,4,6,7-hexachloronaftalen
(12-66)

Ostatní organohalogenované kontaminanty

Polychlorované terfenyleny

- Polychlorované terfenyly PCT byly až do začátku 80. let celosvětově vyráběny pro podobné aplikace jako PCB
- PCT představují globální kontaminanty s vysokým bioakumulačním potenciálem
- Jejich nálezy v organismech však jsou v průměru nízké, některé studie uvádějí poměr PCT/PCB asi 0,04

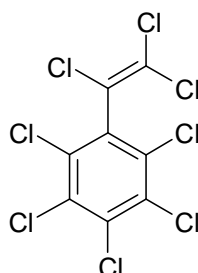




Ostatní organohalogenované kontaminanty

Oktachlorstyren

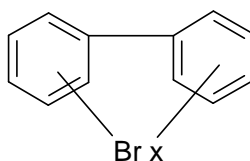
- Oktachlorstyren (OCS) je typickým průmyslovým kontaminantem vznikajícím jako vedlejší produkt při průmyslových syntézách
- OCS byl prokázán i ve vodním ekosystému ČR, což ilustruje jeho bioakumulační potenciál



Ostatní organohalogenované kontaminanty

Polybromované bifenyly

- Polybromované bifenyly (PBB) se používají jako ohnivzdorné přípravky, nejčastěji jako aditiva pro zlepšení vlastností různých plastů
- K průniku těchto kontaminantů do životního prostředí zejména do vodních toků a rezervoárů, dochází především průsaky ze skládek



Ostatní organohalogenované kontaminanty

Polybromované anisoly

- Nejvýznamnějšími zástupci jsou sloučeniny substituované v polohách 2, 4 a 6
- Tyto látky jsou také potencionálními prekurzory polybromovaných dibenzodioxinů a polybromovaných dibenzofuranů

