



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL

PERZISTENTNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY ÚVOD

Ileana MANCIULEA, Lucia DUMITRESCU

Transylvánská Univerzita v Brašově

i.manciulea@unitbv.ro, lucia.d@unitbv.ro



ÚVOD

Dnešní lidé obývají svět, kde byly v letech 1920 -1950 produkovány a používány v zemědělství a průmyslu perzistentní organické polutanty (POPs) jako např. DDT, Dieldrin, PCP, HCH, PAH, atd. Tyto látky jsou stále ještě všudypřítomné, nacházejí se v tkáních organismů žijících na Zemi a mají škodlivé účinky na člověka a životní prostředí.

POPs byly nalezeny na všech kontinentech a ve všech hlavních klimatických zónách, včetně nejvzdálenějších světových oblastí, jako je otevřený oceán a pouště, a v každém druhu volně žijících zvířat a také v lidech (Ritter et al., 1997, AMAP, 2014). POPs jsou chemické látky, které přetrvávají v životním prostředí, bioakumulují se a představují riziko vzniku nežádoucích účinků na lidské zdraví a/nebo životní prostředí. Tyto polutanty jsou transportovány přes hranice států, daleko od svých zdrojů, dokonce i do oblastí, kde nebyly nikdy vyrobeny ani používány. V důsledku transportu těchto látek na velmi dlouhé vzdálenosti a jejich biomagnifikace jsou zvláště ohroženi domorodí obyvatelé Arktidy tamní ekosystémy. Baltské a alpské oblasti jsou dalšími příklady záchytů POPs v EU. POPs tedy představují hrozbu pro životní prostředí a/nebo lidské zdraví po celém světě. Ke snížení a odstranění výroby, použití, uvolňování těchto sloučenin jsou nezbytná mezinárodní opatření.

POPs jsou halogenované organické sloučeniny (jak přírodní, tak antropogenní), odolné vůči chemické, fotolytické a biologické degradaci. Tyto vlastnosti vedou k jejich akumulaci v suchozemských a vodních ekosystémech. Lidé mohou být vystaveni POPs prostřednictvím: stravy, pracovních úrazů a životního prostředí (včetně vnitřního prostředí budov). Expozice POPs, ať už akutní nebo chronická, může být spojena s celou řadou nepříznivých účinků na zdraví, včetně nemocí a úmrtí. Některé z POPs, jako jsou polychlorované bifenoly (PCB), mohou v životním prostředí přetrvávat roky a biokoncentrovat se (až 70 000krát) (Ritter et al. 1997; Stockholm 2007; AMAP, 2014; WHO 2010; WHO, 2016).

VLASTNOSTI A CHOVÁNÍ POPs V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Chování chemikálií / POPs v životním prostředí je určeno:

- Jejich chemickou strukturou, chemickými / fyzikálními vlastnostmi, povahou životního prostředí.
- Organické sloučeniny, které mají velmi nízkou perzistenci, nízkou toxicitu a imobilitu, nepředstavují žádné riziko pro životní prostředí a lidské zdraví.
- *POPs jsou organické sloučeniny, které jsou perzistentní, pohyblivé a toxické.*
- Relativně málo látek má vlastnosti odpovídající POPs.
- *Perzistence* je doba, po kterou sloučenina zůstane v prostředí předtím, než bude rozložena nebo degradována na jiné, méně nebezpečné látky.
- Velmi perzistentní v prostředí jsou POPs s poločasem rozpadu delším než 6 měsíců.
- Disipace je kombinací nejméně dvou procesů, degradace a mobility a představuje vymizení látky z prostředí.
- Semi-volatilita je důležitou vlastností, která umožňuje určitou míru mobility POPs v atmosféře. Dostatečná semi-volatilita dovoluje relativně velkému množství látky vstup do atmosféry a transport na dlouhé vzdálenosti.
- Semivolatilní (polotěkavé) látky jsou obvykle vysoce halogenované, mají molekulovou hmotnost 200 až 500 Daltonů a tenzi par nižší než 1000 Pa. Tyto látky se mohou vypařovat v teplých oblastech a naopak kondenzovat a zůstat v regionech chladnějších.
- Lipofilita je sklon POPs přednostně se rozpouštět v tučích spíše než ve vodě.
- Vysoká lipofilita POPs je klíčová pro jejich přesun jejich z abiotického prostředí do živých organismů (biokoncentraci). V kombinaci s environmentální perzistencí a odolností vůči biologické degradaci vede lipofilita rovněž k jejich biomagnifikaci v potravním řetězci (Ritter et al.1997; Stockholm 2007; UNEP, 2010; Ding,2013).

CHEMIE A TOXIKOLOGIE POPs

CHEMICKÉ VLASTNOSTI

- POPs jsou podle definice organické sloučeniny, často halogenované / nejčastěji chlorované.
- POPs jsou vysoce odolné vůči biologické, fotolytické nebo chemické degradaci.
- Vazba uhlík-chlor je velmi stabilní vůči hydrolýze a čím větší je počet substitucí chloru a / nebo funkčních skupin, tím větší je odolnost vůči biologické a fotolytické degradaci. Chlor připojený k aromatickému (benzenovému) kruhu je pro hydrolýzu stabilnější než chlor v alifatických strukturách.
- POPs s vysokým stupněm halogenace velmi málo rozpustné ve vodě a naopak dobře rozpustné v lipidech, mohou proto snadno projít fosfolipidovou strukturou biologických membrán a hromadit se v tukách.
- Halogenované uhlovodíky jsou hlavní skupinou POPs a k nejdůležitějším patří organochlorové sloučeniny (dioxiny, furany, polychlorované bifenyly - PCB, hexachlorbenzen - HCB, mirex, toxafen, heptachlor, chlordan a DDT).
- POP jsou charakterizovány nízkou rozpustností ve vodě, vysokou rozpustností v lipidech a perzistencí v prostředí, dlouhými poločasy rozpadu a jakmile se rozptýlí do životního prostředí, tak i svým potenciálem k bioakumulaci a biomagnifikaci v žijících organismech.
- Přestože jsou známy některé přírodní zdroje organochlorových sloučenin (z bakterií, hub, rostlin, mořských organismů, hmyzu atd.), většina POPs pochází z *antropogenních zdrojů* spojených s výrobou a používáním organických chemikálií. Naproti tomu HCB, dioxiny a furany *vznikly neúmyslně* v četných výrobních a spalovacích procesech.
- POPs jsou typicky polotěkavé látky, pro které je typický dálkový transport v atmosféře a odolnost vůči biologické a fotolytické degradaci. Po použití POPs jako pesticidů se mohou odpařovat z povrchu rostlin a půdy.

- Halogenované / chlorované organické sloučeniny využívá chemický průmysl při výrobě milionů tun PVC, rozpouštědel, pesticidů) a dalších chemikálií a léčiv.
- Kromě toho antropogenní i neantropogenní zdroje vedou také k tvorbě nežádoucích vedlejších produktů a emisí, které jsou charakterizovány jejich *perzistencí a odolností vůči rozkladu* (jako jsou chlorované dioxiny, furany atd.).
- Vzhledem ke svým fyzikálně-chemickým vlastnostem se POPs mohou transformovat v rámci životního prostředí v různých mikrobiálních, chemických, fotochemických procesech. Účinnost těchto environmentálních procesů je do značné míry závislá na vlastnostech konkrétních sloučenin a charakteristikách prostředí.
- Cyklické, aromatické, cyklodienové chlorované uhlovodíky, jako jsou chlorované pesticidy (DDT, chlordan, lindan, heptachlor, dieldrin, aldrin apod.) s molekulovou hmotností vyšší než 236 g/mol se dokážou kumulovat v tkáních a jsou známy pro svou perzistenci v životním prostředí.
- Chlorované uhlovodíky s nižší molekulovou hmotností (méně než 236 g / mol) mohou obsahovat alkany a alkeny (dichlormethan, chlorpikrin, chloroform) a často jsou spojeny s nízkou akutní toxicitou, reverzibilními toxikologickými účinky a relativně krátkými environmentálními a biologickými poločasy.
- Aby mohl být polutant biologicky rozkládán, musí být přítomen v takové formě, která je pro organismus dostupná. *Biologická dostupnost* (podíl z celkové koncentrace chemikálie, která je k dispozici pro vychytávání neboli uptake konkrétním organismem) je dána kombinací chemických vlastností sloučeniny (včetně okolního prostředí) a morfologických, biochemických a fyziologických vlastností organismu.
- Vylučování organických polutantů je zpravidla usnadněno metabolickou konverzí na polárnější sloučeniny. Díky své odolnosti vůči rozkladu a odbourávání se POPs nevylučují snadno. Ty polutanty (např. toxafen,

PCB látky atd.), které jsou nejvíce odolné vůči metabolismu, mají tendenci se hromadit v organizmech a v potravním řetězci. Některé organické polutanty mohou být přeměněny na perzistentnější metabolity (např. DDT na DDE či aldrin na jeho perzistentní metabolit dieldrin). (Ritter et al. 1997; Ding et al. 2013; WHO, 2010).

TOXIKOLOGIE

Životní prostředí

- POPs bývají spojovány s významným dopadem na životní prostředí u širokého spektra druhů a prakticky na všech trofických úrovních. Akutní účinky intoxikace POPs byly dobře prozkoumány a nežádoucí účinky se pojí s chronickou expozicí nízkým hladinám v životním prostředí.
- Dlouhý biologický poločas POPs v živých organizmech usnadňuje akumulaci malých koncentrací po delší dobu. Pro některé POPs existují experimentální důkazy, že kumulativní expozice nízkým hladinám mohou být spojeny s chronickými neletálními účinky (imunotoxicita, dermální účinky a karcinogenita).
- Studie prokázaly, že imunitní dysfunkce je příčinou zvýšené úmrtnosti u mořských savců a také ukázaly, že konzumace stravy kontaminované POPs může vést k nedostatečné činnosti štítné žlázy a k náchylnosti k mikrobiálním infekcím a reprodukčním poruchám u mořských savců.
- Imunodeficit (imunitní nedostatečnost) byl vyvolán u různých druhů volně žijících živočichů perzistentními organickými polutanty (TCDD, PCB, chlordanem, HCB, toxafenem, DDT).
- Volně žijící živočišné druhy, u kterých byl nalezen vysoký počet nádorů, zároveň obsahovaly vysoké koncentrace PCB látek, mirexu, chlordanu a toxafenu (AMAP, 2014; WHO, 2010; WHO, 2016).

Lidské zdraví



- Vědecké studie naznačují, že některé POP dokáží navodit významné nepříznivé účinky na lidské zdraví na místní, regionální i globální úrovni, a to díky přenosu na dlouhé vzdálenosti (LRT, long-range transport).
- Profesionální a náhodná expozice vysokým hladinám některých POPs představuje pro pracovníky velké riziko, a to zejména v rozvojových zemích, kde používání POPs v zemědělství dokonce vedlo k velkému počtu úmrtí.
- Například studie na Filipínách ukázala, že v roce 1990 byl endosulfan hlavní příčinou akutní otravy pesticidy u zemědělců.
- V mnoha zemích je významným zdrojem expozice pracovníků perzistentním organickým polutantům a pracovního rizika manipulace s odpady. Krátkodobá expozice vysokým koncentracím některých POPs vede k onemocnění a smrti.
- Pracovní expozici (na poli a v jeho blízkosti) toxické chemikálii je často obtížné minimalizovat, a to zejména v rozvojových zemích.
- Problémy při zajišťování bezpečnosti na pracovišti jsou způsobeny nedostatečným výcvikem či ochranným vybavením a nevhodnými pracovními podmínkami.
- Jedny z prvních zpráv o expozici POPs související s dopadem na lidské zdraví zahrnují kazuistiku otrav HCB (z jídla) v jihovýchodním Turecku, což mělo za následek smrt 90% postižených a další otravu s následky jaterní cirhózy, porfyrie a neurologických poruch.
- Akutní nehoda v Itálii v roce 1976, kdy došlo k uvolnění 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxinu) do životního prostředí, vedlo ke zvýšení výskytu chlorakné.
- Americká Agentura pro ochranu životního prostředí (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) v současné době přezkoumává účinky související s dioxinem, zejména nekarcinogenní (vliv na imunotoxicitu, reprodukční poruchy a neurotoxicitu).
- Tyto účinky se obvykle nevyskytují v případě expozice nižším koncentracím ze životního prostředí a potravinového řetězce.

- Laboratorní a terénní pozorování na zvířatech, ale i klinické či epidemiologické studie u lidí a studie na buněčných kulturách prokázaly, že nadměrná expozice některých POPs může být spojena se širokým spektrem biologických účinků.
- Tyto nežádoucí účinky mohou zahrnovat imunitní dysfunkci, neurologické problémy, reprodukční anomálie, poruchy chování a karcinogenezi.
- Souvislost mezi chronickou expozicí subletálním koncentracím POPs (které se vyskytují v důsledku dálkového transportu) a dopadem na lidské zdraví, je obtížné vědecky dokázat.
- Studie uvádějí, že příjem PCB látek, dioxinů a furanů v dietě může být spojen s poklesem počtu lymfocytů.
- Vyvíjející se plod a novorozenec jsou obzvláště citliví na expozici POPs v důsledku transplacentárního / laktačního přenosu z těla matky.
- Obyvatelé kanadské Arktidy s hladinami PCB látek převyšujícími přijatelný denní příjem mají vyšší riziko reprodukčních a vývojových defektů.
- Studie karcinogeneze spojené s expozicí pracovníků 2,3,7,8-TCDD ukazují, že jeho vysoké expoziční hladiny zvyšují výskyt rakoviny u lidské populace.
- Laboratorní studie podávají důkaz, že vybrané organochlorované chemikálie (dioxiny a furany) mohou mít karcinogenní účinky a působit jako silné promotory nádorů. (Ritter et al. 1997; Dewailly et al. 2000; UNEP, 2010; WHO, 2016).

ENVIRONMENTÁLNÍ TRANSPORT POPs

- Persistence může být snížena environmentálními transformačními procesy:
 - a) biotransformací; b) abiotickou oxidací; c) hydrolýzou a fotolýzou.
- Význam těchto procesů závisí na poměrech, za jakých se vyskytují v přirozených podmínkách prostředí a jsou závislé na chemické struktuře a vlastnostech látky a její distribuci v prostředí.

- Environmentální faktory mají malý vliv na rozklad / přeměnu POPs.
- Faktory, které mohou mít nějaký účinek, jsou v polárních oblastech méně účinné. Vzhledem k pokračujícímu využívání a uvolňování POPs v jiných částech zeměkoule je výsledkem akumulace POPs v polárních oblastech. Některé fyzikální vlastnosti jsou silně závislé na podmínkách prostředí.
- Teplota ovlivňuje tlak par, rozpustnost ve vodě, Henryho konstantu.
- Směr přenosu látek v otevřeném oceánu odráží také rozdíly v teplotě povrchové vody a atmosférické koncentraci.
- Např. čistý pohyb POPs v Bengálském zálivu v Indickém oceánu je od oceánu do atmosféry, zatímco v polárních oblastech je obrácený.
- Teplota může také ovlivnit ukládání na jiných místech. Distribuce POPs nepřímo souvisí s tlakem par a tím i s teplotou.
- Nižší teploty podporují větší přechod těchto sloučenin z plynné fáze na částice suspendované v atmosféře, čímž se zvyšuje jejich odstranění z atmosféry a transport na povrch země deštěm a sněhem.
- Země v tropických oblastech mají vyšší roční teploty než země v mírných a polárních oblastech světa.
- Praxe používání pesticidů v tropickém zemědělství během teplejšího a vlhčího vegetačního období může usnadnit rychlou disipaci POPs vzduchem a vodou.
- Tato a další pozorování naznačují, že vstupy POPs do tropických pobřežních vod přes ústí řek jsou méně významné než v mírných pásmech.
- V tropech je doba setrvání ve vodním prostředí krátká a přestup do atmosféry je v těchto oblastech větší. Krátká doba setrvání POPs v tropických vodách může být považována pro místní organismy za příznivou, ale má dopady na globální prostředí, protože těkavé zbytky POPs z tropů se rozptýlí v celosvětové atmosféře.
- Distribuce POPs v oceánech koreluje s významnou změnou distribuce v posledních desetiletích. Do 80. let byly nalezeny vyšší koncentrace POPs (DDT, PCB látek) v oceánech v pásmu mírných šířek severní polokoule, a

to díky jejich rozsáhlému použití v rozvinutých zemích (Japonsko, Evropa a Severní Amerika). U vzorků z nedávné doby to již neplatí.

- Atmosferický dálkový transport a kumulace POPs (PCB, DDT, hexachlorcyklohexanu, chlordanu) v polárních oblastech byly podrobně zdokumentovány. Kumulace v polárních oblastech je částečně výsledkem tzv. „globální destilace“, kdy látky vypařené (podle jejich volatility) v tropických oblastech po přesunu k pólům v chladném vzduchu kondenzují.
- Kontaminanty podléhají neustále depozici a jsou znovu odpařovány a frakcionovány podle své volatility. Výsledkem je poměrně rychlý transport a depozice POPs se střední volatilitou (jako je HCB) a pomalejší migrací méně těkavých látek (jako je DDT).
- Kontaminaci perzistentními polutanty zesilují vlastnosti polárních ekosystémů. Chladnější klima, snížená biologická aktivita a relativně malý výskyt slunečního záření zvyšují perzistenci POPs.
- Kontrola údajů týkajících se koncentrací POPs ve vzorcích z oblastí Arktidy a Antarktidy ukázala pokles koncentrací, protože některé z těchto látek byly zakázány nebo omezeny. Udržování centrální databáze všech analytických dat o POPs by značně pomohlo při určování trendů dálkového transportu v prostoru a čase ve vztahu ke změnám ve způsobu jejich použití (EMEP, 2008; EMEP, 2014; AMAP, 2014).

12 POPs PODLE STOCKHOLMSKÉ ÚMLUVY

Stockholmská úmluva o perzistentních organických polutantech (květen 2001) se zaměřuje na snížení a eliminaci úniků 12 POPs (zvaných "Tucet špinavých") podle programu OSN pro životní prostředí (the **United Nations Environment Programme**, UNEP). Těchto 12 chemikálií zahrnuje:

- osm pesticidů (aldrin, chlordan, DDT, dieldrin, endrin, heptachlor, mirex, toxafen)
- dvě průmyslové chemikálie (polychlorované bifenyly (PCBs) and hexachlorbenzen (HCB));

- dva nežádoucí vedlejší produkty, dioxiny (PCDDs) a furany (PCDFs).

12 POPs pochází nebo se používá v průmyslu, v zemědělství a ke kontrole přenašečů chorob.

V 70. letech bylo všech 9 pesticidů a PCB látek v mnoha zemích zakázáno nebo podrobena značným omezením používání. Některé z těchto POPs se stále uplatňují v těch částech světa, kde jsou považovány za nezbytné pro zajištění veřejného zdraví. Aby bylo možné zde dále omezit jejich využívání, je důležité pochopit, které země POPs používají a jak jsou zde aplikovány.

Aldrin

Aldrin je pesticid aplikovaný na půdu s cílem zabít termity, kobyly, bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*) a další hmyzí škůdce. Používá se rovněž k ochraně dřevěných konstrukcí před termity. V rostlinách a zvířatech se aldrin rychle přeměňuje na dieldrin, a proto se jeho rezidua obvykle vyskytují v malých množstvích. Aldrin má nízkou toxicitu pro rostliny, ale má nepříznivé účinky na vodní bezobratlé, zejména na hmyz. Akutní expozice aldrinu způsobila smrt u vodních živočichů, ptáků, ryb a lidí. Mezinárodní program pro chemickou bezpečnost (International Programme on Chemical Safety, IPCS) odhaduje, že fatální dávka pro člověka je 5 gramů. Nejčastější cestou pro lidskou expozici je prostřednictvím potravin, zejména mléčných výrobků a masa. Aldrin byl v mnoha zemích zakázán nebo přísně omezen (UNEP, 2010; WHO, 2010).

Chlordan

Chlordan je širokospektrý zemědělský insekticid používaný pro ošetření zemědělských plodin (zeleniny, obilí, brambor, ovoce, bavlny atd.). Používal se také proti termitům. Chlordan zůstává v půdě po dlouhou dobu (poločas rozpadu je jeden rok). Chlordan může zabít vodní bezobratlé, ryby a ptáky. Chlordan je podezřelý z poškození lidského imunitního systému a je uveden jako možný lidský karcinogen. Nejčastější cestou expozice člověka je ovzduší, zejména ve vnitřním prostředí. Chlordan byl zjištěn ve vnitřním ovzduší budov (USA, Japonsko) a byl v mnoha zemích zakázán (WHO, 2016).

DDT

DDT byl během druhé světové války široce používán k ochraně vojáků a civilistů před malárií, tyfem a dalšími chorobami šířícími se pomocí hmyzu. Po válce se DDT i nadále používal k potírání chorob (malárie atd.) a k postřikům zemědělských plodin, zejména bavlny. Vzhledem k jeho stabilitě a perzistenci (více než 50% může zůstat v půdě 10-15 let po aplikaci) byly zjištěny zbytky DDT v Arktidě. Potraviny kontaminované DDT jsou pro populaci největším zdrojem expozice. Dlouhodobá expozice byla spojena s chronickými účinky na zdraví (deprese imunitního systému a alterace estrogenu). DDT je zařazen mezi možné lidské karcinogeny. Ačkoli bylo v mnoha zemích zakázáno jeho používání, DDT byl zjištěn v potravinách a mateřském mléce po celém světě. Do dnešního dne DDT zakázalo 34 zemí nebo značně omezilo jeho používání (Stockholm Convention 2007; EMEP, 2008; UNEP, 2010; WHO, 2010).

Dieldrin

Dieldrin byl používán ke kontrole termitů, chorob způsobených hmyzem a hmyzích škůdců v zemědělských půdách. Jeho poločas života v půdě je 5 let. Výše zmíněný aldrin se rychle přeměňuje na dieldrin, takže koncentrace dieldrinu v životním prostředí jsou vyšší než odpovídá použití dieldrinu. Dieldrin je vysoce toxický pro ryby a jiné vodní živočichy a ovlivňuje lidský imunitní systém. Jeho rezidua byla nalezena v ovzduší, vodě, půdě, rybách, ptácích a savcích včetně lidí, exponovaných dieldrinu prostřednictvím potravin (hlavně mléčných výrobků a masa). Dieldrin byl druhým nejčastějším pesticidem zjištěným v americkém průzkumu pasterizovaného mléka (UNEP, 2010; WHO, 2016).

Endrin

Endrin je insekticid používaný proti škůdcům bavlny, rýže a kukuřice. Byl rovněž používán jako rodenticid proti myším a potkanům. Zvířata mohou endrin metabolizovat a ten se tak nehromadí v jejich tukové tkáni jako jiné POPs. Endrin je toxický pro ryby a další vodní organismy. Má dlouhý poločas, přetrvává v půdě

12 let. Endrin je podezřelý ze suprese lidského imunitního systému. Podobně jako v případě mnoha jiných POPs jsou lidé exponováni endrinu prostřednictvím potravin, ačkoli jeho hladiny z příjmu jsou obvykle velmi nízké (Stockholm Convention 2007; UNEP, 2010)

Heptachlor

Heptachlor je insekticid, používaný k hubení škůdců půdy a plodin (zejména bavlny), termitů, kobylek, mravenců a komárů (ke kontrole malárie). Heptachlor se metabolizuje na epoxid heptachloru, který má podobnou toxicitu jako heptachlor. Rezidua byla zjištěna v krvi skotu v USA a Austrálii. Heptachlor je toxický pro volně žijící zvířata, dokonce i v nízkých koncentracích. U ptáků (v Kanadě a USA) expozice heptachloru vyvolala změny v chování, snížila schopnost rozmnožování a zvýšila mortalitu. Potravinou jsou hlavním zdrojem expozice pro člověka. Heptachlor se řadí k možným lidským karcinogenům. V některých zemích bylo používání heptachloru zakázáno nebo omezeno (Stockholm Convention 2007; EMEP, 2008; WHO, 2010).

Mirex

Insekticid Mirex byl používán proti mravencům a termitům (USA, Jižní Amerika, Afrika).

- Mirex se používá rovněž jako zpomalovač hoření v plastových, gumárenských, lakýrnických a elektrických výrobcích.
- Mirex je jedním z nejstabilnějších POPs s poločasem života až 10 let.
- Mirex je toxický pro rostliny, vodní organismy (korýše, ryby) a ptáky.
- Lidé jsou exponováni mirexu prostřednictvím stravy (maso, ryby, zvěřina).

Toxafen

- Toxafen je insekticid používaný k ochraně bavlny, obilovin, ořechů, zeleniny.
- Toxafen (směs až 670 látek) byl nejvíce používaným pesticidem v USA v roce 1975. 50% uniklého toxafenu může přetrvávat v půdě až 12 let.

- Toxafen není toxický pro rostliny, ale je vysoce toxický pro ryby a ptáky.
- Lidé jsou exponováni toxafenu prostřednictvím stravy, hladiny v potravinách jsou obvykle nízké.
- Toxafen je považována za možný lidský karcinogen (UNEP, 2010, WHO, 2010).

Polychlorované bifenyly PCBs

- PCB látky byly poprvé vyrobeny v roce 1929 a používány v průmyslu jako teplovodivé kapaliny v elektrických transformátorech a kondenzátorech (zde jsou i nadále používány), dále jako přísady do nátěrových hmot, lepidel a plastů. PCB vznikají jako vedlejší produkty nedokonalého hoření a dále i v některých průmyslových procesech.
- Z 209 různých typů PCB látek, jich 13 vykazuje toxicitu podobnou dioxinům.
- Jejich perzistence v prostředí závisí na stupni chlorace, poločasy života se mohou lišit od deseti dnů do jednoho a půl roku.
- Většina zemí zastavila jejich výrobu v sedmdesátých letech, nicméně PCB zůstávají v prostředí po celá desetiletí, jsou tak k dispozici pro příjem a biokumulaci v organismech. PCB jsou toxické pro vodní organizmy, ryby a ostatní volně žijící živočichy.
- Chronická expozice může způsobit změny jaterních enzymů, vývojové, mentální a behaviorální problémy, imunosupresi a pravděpodobně i rakovinu.
- Lidé jsou exponováni PCB látkám prostřednictvím stravy. PCB mohou být obsaženy v rostlinných olejích, mléce, rybách a mořských savcích s vysokým obsahem tuku.
- Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny WHO (International Agency for Research on Cancer, IARC) zařadila PCB látky jako pravděpodobně lidské karcinogeny (WHO 2016, UNEP, 2010, Ding et al., 2013, WHO 2016).

Hexachlorbenzen (HCB)

- HCB byl poprvé vyroben v roce 1945 pro ošetření semen (zejména pšenice).
- Do poloviny osmdesátých let ho většina států přestala vyrábět.
- HCB vzniká jako neúmyslný vedlejší produkt při výrobě pesticidů, organických chemikálií (rozpouštědel, barviv), přípravků k ochraně dřeva.
- HCB vzniká při nedokonalém hoření (spalování komunálního odpadu, pohonných hmot).
- Akutní expozice hexachlorbenzenu u lidí, zvířat, ryb, ptáků, způsobuje poškození ledvin a jater, má účinky na centrální nervový systém, vyvolává respirační, neurologické a metabolické poruchy, dokonce i úmrtí. Potraviny (mléčné výrobky, maso) po celém světě obsahují HCB, který byl také nalezen v Arktidě v ovzduší, sněhu, mořské vodě, vegetaci, biotě. Pokud je HCB přítomen jako kontaminant v pesticidech (simazin, atrazin), 100% se uvolňuje do ovzduší, což představuje zdravotní riziko při aplikaci (Ding et. al. 2013, WHO, 2016).

Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD)

- PCDD jsou produkovány neúmyslně při nedokonalém hoření (spalování nemocničního, komunálního a nebezpečného odpadu, uhlí, rašeliny, dřeva), při výrobě pesticidů a dalších chlorovaných látek.
- Dioxiny byly nalezeny v půdě 10 - 12 let po první expozici.
- Vzhledem k jejich lipofililitě se dioxiny kumulují v tkáních lidí a volně žijících živočichů.
- Malá množství v kontaminované vodě se mohou bio-koncentrovat na úroveň nebezpečných hladin cestou potravního řetězce. Hlavním zdrojem expozice pro člověka jsou potraviny živočišného původu.
- Dioxiny mohou ovlivnit reprodukci, způsobit poškození imunitního systému, poruchy štítné žlázy, poruchy nervového systému, cukrovku a jsou to teratogeny, mutageny, karcinogeny. Dioxiny byly nalezeny u všech lidí, vyšší hladiny u osob žijících v industriálních zemích. Odhadovaný

eliminační poločas dioxinů u lidí je 7,8 -132 let. Ding et. al. 2013, WHO, 2010, WHO, 2016).

Polychlorované dibenzofurany (PCDF)

- PCDF / furany produkovány neúmyslně při stejných procesech, které dávají vznik dioxinům a PCB látkám, a bývají detekovány v emisích automobilů a spaloven odpadu.
- Furany jsou strukturálně podobné dioxinům a mají s nimi mnoho podobných toxických účinků.
- 135 různých PCDF má různou toxicitu a dlouhodobě přetrvává v prostředí.
- Hlavním zdrojem expozice člověka je jídlo (zejména tučné živočišné produkty).
- Furany jsou klasifikovány jako možné lidské karcinogeny. (Ding et. al. 2013; WHO, 2016).

DALŠÍ POPs

Polybromované difenylethery (PBDEs)

- PBDE jsou látky zpomalující hoření používané při výrobě plastových a textilních materiálů, počítačů, nábytku, automobilů. PBDE byly v Evropě zakázány v roce 2005 a v USA v roce 2003.
- PBDE byly zjištěny ve vysokých koncentracích v prachu ve vnitřním prostředí a kumulují se v lidské krvi, tukové tkáni a mateřském mléce (hladiny v USA jsou 40krát vyšší než v Evropě).
- Bylo zjištěno, že jsou kontaminováni PBDE ryby (losos, tuňák atd.), ptáci, mořští savci (delfíni, velryby atd.). Výzkum spojil některé PBDE s účinky na funkci štítné žlázy, funkci mozku, mužskou fertilitu, vývoj vaječnicků a embryonálního nervového systému (UNEP,2010; POPs Fach Sheets).

Perfluorované látky PFCs



PFC se používají jako průmyslové a komerční surfaktanty. Na rozdíl od většiny POPs, které jsou uloženy v tukové tkáni, PFC cirkulují v krvi a kumulují se primárně v játrech. PFC se bioakumulují a jsou extrémně odolné vůči fyzikální degradaci. Studie prokázaly souvislost mezi chemikáliemi, jako jsou ftaláty, bisfenol A, dále PFC látkami nalezenými ve spotřebním zboží (dětské hračky, kosmetika atd.) a reprodukčními poruchami. (UNEP, 2010, POPs Fach Sheets).

ALTERNATIVY K POPs

Co se týká alternativ k POPs, zavedení nových čistých technologií není snadné, zejména v rozvojových zemích. Některé alternativy jsou dražší, a to jak v cenách, tak i požadovaných zdrojích než v případě starších a nejnebezpečnějších POPs. Kromě toho alternativy mohou být pro pracovníky více toxické než POPs, což zvyšuje zdravotní náklady. Další problémy ohledně přijetí alternativ, zahrnují vzdělávání a školení, týkající se jak starších, tak nových sloučenin, pro každého ve výrobním řetězci, pro dodavatele a také pro jednotlivé uživatele. V řadě zemí není na potřebné úrovni infrastruktura regulací potřebná k řízení použití alternativ k POPs a ke vzdělávání a odborné přípravě jednotlivců (UNEP, 2010; WHO, 2016).

ZÁVĚRY

POPs jsou charakterizovány lipofilitou, perzistencí a semivolatilitou, tedy vlastnostmi, které předurčují POPs k dlouhodobé perzistenci v životním prostředí a k dálkovému transportu, což mimo jiné vede ke kumulaci v polárních oblastech světa, které jsou daleko od jakéhokoli zdroje. POPs jsou rovněž známé svojí schopností biomagnifikace a biokoncentrace za typických environmentálních podmínek a možností potenciálně dosáhnout toxikologických koncentrací. POPs jsou zapojeny do široké škály nepříznivých účinků na lidské zdraví a životní prostředí, jako jsou reprodukční a endokrinní dysfunkce a imunosuprese. V mnoha případech jsou Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny (IARC) považovány za možné humánní karcinogeny. Vzhledem k jejich toxicitním charakteristikám představují POPs hrozbu pro člověka a životní prostředí. Proto

mezinárodní společenství v posledních letech vyzvalo k naléhavým globálním akcím zaměřeným na snížení a odstranění uvolňování POPs a určení jejich možného rizika pro lidské zdraví a životní prostředí (UNEP, 2010; EMEP, 2014; WHO, 2016).

POUŽITÁ LITERATURA

1. AMAP 2014. Technical Report No.7. Trends in Stockholm Convention on POPs in Arctic Air, Human media and Biota.
2. Dewailly, E., et al. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. Environ. Health Perspect. 108, 2000.
3. Ding, L., Y. Li, P. Wang, X. Li, Z. Zhao, T. Ruan, Q. Zhang. 2013. Spatial concentration, congener profiles and inhalation risk assessment of dioxins/furans and PCBs in the atmosphere of Tianjin, China. Chinese Sci. Bull. (2013).
4. EMEP, 2008. Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2006.
5. EMEP, Status Report 2014. POPs in the Environment.
6. POPs Facht Sheets. Blue Voice Organization. www.bluevoice.org
7. Ritter, L., Solomon, K. R., Forget, J., Persistent Organic Polutants. A review of selected POPs. The International Programme on Chemical Safety (IPCS), WHO, 1997.
8. Stockholm Convention, POPs Review Committee, 2007.
9. UNEP New POPs 2010. An introduction to the nine chemicals added to Stockholm, Convention, Conference of the Parties at its fourth meeting.
10. WHO EU, 2016, WHO Regional Office for Europe. Health risk assessment of air pollution. General principles, 2016.
11. WHO, 2010 Preventing disease through healthy environments. Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern.





**VNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



UNIVERZITA
KARLOVA



Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Koordinátor projektu: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665



This work is licensed under a Creative
commons attribution – non commercial 4.0
international license