

KONTAMINACE PERZISTENTNÍMI ORGANICKÝMI POLUTANTY

A

KOVOVÝMI PRVKY V OKOLÍ ZAŘÍZENÍ K VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ HŮRKA

Mgr. et Mgr. Václav Mach, Ph.D.



©Arnika – program Toxické látky a odpady
březen 2017



Kontaminace perzistentními organickými polutanty a kovovými prvky v okolí zařízení k využívání odpadů Hůrka

Mgr. et Mgr. Václav Mach, Ph.D.



Souhrn

Provedli jsme jednorázový monitoring výskytu perzistentních organických polutantů a těžkých kovů v okolí zařízení k využívání odpadů Hůrka. Jeho cílem bylo získat údaje o znečištění v okolí areálu zájmového zařízení a o možném původu znečištění. Zařízení pro odstraňování odpadu Hůrka je provozováno společností Quail spol. s r. o., která zde provádí biodegradaci a stabilizaci odpadů. Výsledným produktem jsou certifikované výrobky, které slouží jako výplňová vrstva pod biologickou vrstvou nebo přímo k rekultivacím odkališť, důlních děl nebo skládek odpadů. Monitoring byl zaměřen na polychlorované bifenyly, dioxiny, polycyklické aromatické uhlovodíky a kovové prvky ve vzorcích sedimentů z okolí zájmového zařízení. Na základě evidence odpadu bylo dále provedeno zhodnocení odpadů přijímaných do zařízení z hlediska obsahu perzistentních organických polutantů a vypočtena celková bilance vstupů a výstupů z hlediska obsahu dioxinů.

Ze srovnání naměřených koncentrací kontaminantů s referenčními lokalitami nebo s dlouhodobými naměřenými průměrnými koncentracemi z řady různých lokalit vyplynulo, že se v zájmové lokalitě nacházejí mnohonásobně vyšší koncentrace všech sledovaných kontaminantů. U dioxinů se jednalo řádově o deseti- až stonásobně vyšší koncentrace ve srovnání s referenčními hodnotami nezatížené pozadové lokality v Košetících. Naměřené koncentrace polychlorovaných bifenyly a polycyklických aromatických uhlovodíků v odebraných vzorcích byly srovnatelné s hodnotami z vysoce zatížených lokalit - se sedimenty Labe v Ústí nad Labem (polychlorované bifenyly) a sedimenty Černého potoka v Ostravě (polycyklické aromatické uhlovodíky). Při srovnání naměřených koncentrací kontaminantů s legislativními kritérii bylo zjištěno, že koncentrace látek ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků a dioxinů, dále pak arsenu, olova a antimonu překračují na minimálně jednom odběrovém místě indikátory znečištění zemin pro ostatní plochy.

Zařízení pro využívání odpadů Hůrka zpracovává odpady, které sledované kontaminanty obsahují. Ze zájmového zařízení může docházet a někdy také docházelo k únikům skladovaných materiálů. Výskyt kontaminantů na jednotlivých odběrových místech naznačuje odnos materiálu směrem od zájmového zařízení. V okolí lokality není znám žádný jiný potenciální zdroj sledovaných kontaminantů. Z těchto důvodů je možné udělat závěr, že původce zjištěných kontaminantů v odebraných vzorcích sedimentů je s největší pravděpodobností zařízení na využívání odpadů Hůrka. Tento závěr je ve shodě s předchozími výsledky spolku Arnika z let 2009, 2010, 2012 a 2014, které byly uvedeny ve studii nazvané „Znečištění POPs v okolí provozu Quail spol. s r.o., Hůrka u Temelína“.

Do zařízení pro využívání odpadu Hůrka byly dle evidence v letech 2014 a 2015 přijaty popílky z čištění spalin ze spaloven komunálního a nebezpečného odpadu. V popílcích ze spaloven nebezpečného odpadu byly koncentrace PCDD/F v rozmezí 15 000 – 100 000 ng I-TEQ/kg. Z toho vyplývá, že do zařízení k využívání odpadu byly přijímány odpady překračující „nízký obsah“ PCDD/F, respektive jeho současnou hodnotu stanovenou dle článku 6 Stockholmské úmluvy.

Za období let 2014 a 2015 bylo odhadované množství vstupu PCDD/F do zařízení celkem 32,67 – 33,5 g I-TEQ. Odhadované množství PCDD/F vystupující v součtu za oba sledované roky ze zájmového zařízení v certifikovaném výrobku bylo 3,62 – 4,02 g I-TEQ. Celkový odhadovaný vstup PCDD/F byl osmkrát větší než kolik byl za stejné období odhadovaný výstup v certifikovaném výrobku. Osud zbývajících 28,65 – 29,88 g I-TEQ PCDD/F za roky 2014 a 2015 není jasný.

Obsah

1. Úvod	5
2. Lokalita	6
3. Metodika	9
4. Výsledky.....	11
5. Diskuse	16
5.1 Srovnání koncentrace sledovaných kontaminantů na referenčních lokalitách	16
5.2 Srovnání s legislativními kritérii sledovaných kontaminantů	18
5.3 Zdroj kontaminace sedimentů	21
5.4 Srovnání s výsledky předchozího průzkumu.....	23
5.5 Obsah perzistentních organických polutantů v přijímaném odpadu	25
5.6 Bilance vstupu a výstupu perzistentních organických polutantů	29
6. Závěr	33
7. Literatura	34

1. Úvod

Perzistentní organické polutanty (POPs) a kovové prvky jsou kontaminanty, kterým je věnována významná pozornost. Krom toxických vlastností je důvodem především jejich dlouhodobé přetrvávání a případně také hromadění v životním prostředí. Perzistentní organické polutanty jsou organické sloučeniny, které jsou v běžných podmínkách velmi odolné rozkladu. Poločas rozkladu se v závislosti na konkrétní sloučenině může pohybovat v řádech několika let až desetiletí. Z těchto důvodů jsou nejproblematictější perzistentní organické polutanty regulovány na mezinárodní úrovni. Kovové prvky patří mezi nejčastější kontaminanty životního prostředí pocházející z antropogenní činnosti. Pokud se uvolní do půdy, mohou v ní přetrvávat stovky let.

Kromě vysoké odolnosti vůči rozkladu se perzistentní organické polutanty vyznačují některými dalšími společnými vlastnostmi, jako jsou schopnost bioakumulace a biomagnifikace. Tyto vlastnosti byly pozorovány také u některých kovových prvků. Bioakumulace nastává v případě, pokud živý organismus absorbuje potenciální kontaminant do svého těla rychleji, než dochází k jeho odstranění rozkladem a vylučováním. Schopnost hromadit se v živých tkáních je u různých perzistentních organických polutantů a kovových prvků odlišná v závislosti na jejich chemických vlastnostech. [1] [2] [3] Biomagnifikace nastává, pokud koncentrace potenciálního kontaminantu stoupá se stoupajícím trofickým stupněm daného organismu. Jedná se v podstatě o narůstání koncentrace v průběhu potravního řetězce. Nejvyšší koncentrace řady kontaminantů jako dioxiny (PCDD/F), rtuť nebo polychlorované bifenyly (PCB) byly nalezeny v tělech organismů na vrcholu potravní pyramidy, kam je řazen také člověk. [4] [5] [6]

Kvůli schopnosti dálkového transportu jsou dnes PCB a PCDD/F, které vznikají téměř výhradně při lidské činnosti, ve velmi nízkých koncentracích prakticky všudypřítomné po celém světě a vyskytují se také v oblastech, kde se nikdy neprovozovaly průmyslové procesy, při kterých vznikají, ani tam nebyly tyto látky používány. [7] [8] [9] Na rozdíl od toho jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) a kovové prvky také součástí životního prostředí, ale lidská činnost se významnou měrou podílí na zvyšování jejich koncentrací v různých složkách životního prostředí. [10] [11]

U PCB, PCDD/F, PAH a kovových prvků byla pro lidi zjištěna celá řada zdravotních rizik, jako jsou teratogenita, neurotoxicita, karcinogenita, narušení hormonální činnosti nebo poškození vnitřních orgánů. [12] [13] [14] Z výše uvedených důvodů byly PCB, PCDD/F a některé další perzistentní organické polutanty v roce 2001 zařazeny na seznam látek, jejichž výroba, v případě PCB a některých dalších látek, a nezamýšlený vznik jsou regulovány Stockholmskou úmluvou, která představuje mezinárodně právně závaznou dohodu k zamezení šíření persisterencí organických polutantů. Výskyt PAH a kovových prvků je sledován a regulován celou řadou předpisů národní legislativy, které určují také jejich limitní hodnoty v různých složkách životního prostředí a spotřebním zboží. Přestože PAH nejsou regulovány Stockholmskou úmluvou, patří mezi perzistentní organické polutanty zařazené v mezinárodní Úmluvě o dálkovém znečišťování ovzduší překračující hranice států (LRTAP), konkrétně v jejím Protokolu o POPs. [15] Z kovových prvků je největší pozornost věnována těžkým kovům kterým se rovněž věnuje Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší překračující hranice států (LRTAP) a to v Protokolu o těžkých kovech. Mezinárodně právně závazná Minamatská úmluva se zaměřuje na jediný těžký kov rtuť a reguluje její emise z lidské činnosti.

Odpady obsahující perzistentní organické polutanty a kovové prvky vznikají při celé řadě lidských činností. Může se jednat o produkty spalování odpadů a čištění spalin (popel, strusku, popílek, zachycený prach z odlučovačů a filtrů), kaly z čištění odpadních vod a řadu dalších odpadů, které mohou následně představovat riziko pro životní prostředí. Za účelem snížení nebezpečných vlastností těchto odpadů jsou provozována různá specializovaná zařízení, která fungují na bázi snížení nebezpečných vlastností odpadu na úroveň povolenou legislativou.

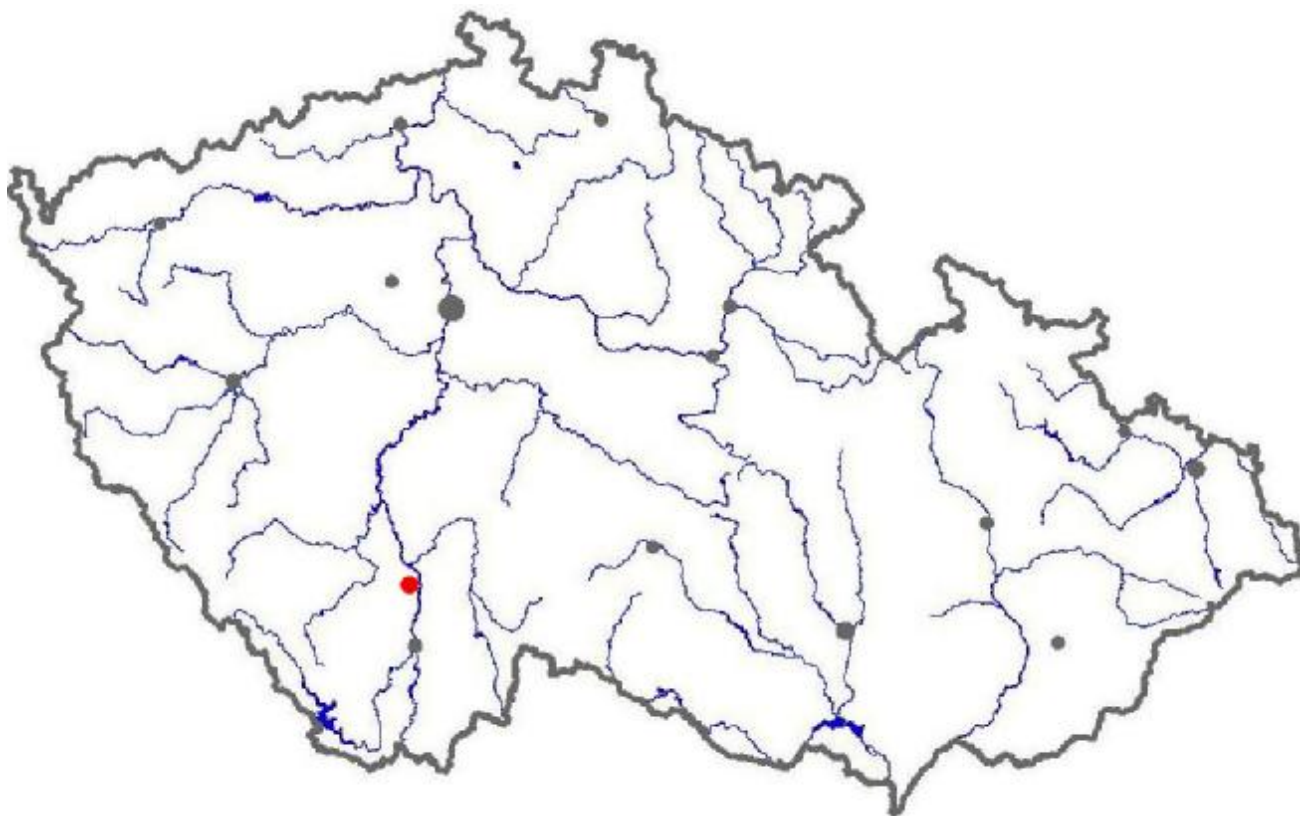
Zařízení k využívání odpadů Hůrka je jedním ze zařízení, které využívá odpady obsahující perzistentní organické polutanty a kovové prvky. Tyto odpady jsou v tomto zařízení dále přepracovávány a jsou z nich vyráběny certifikované výrobky sloužící k rekultivacím odkališť, důlních děl a skládek odpadů. Výrobky z tohoto zařízení jsou používány zejména k rekultivaci odkališť v Mydlovarech na Českobudějovicku, kde byl v letech 1962 – 1991 provozován státní podnik na zpracování uranových rud MAPE. V současnosti dochází v Mydlovarech k zavážení lagun různými materiály včetně směsí pocházejících ze zařízení k využívání odpadu Hůrka. Podle odhadů spolku Arnika z roku 2004 končila v mydlovarských lagunách až čtvrtina všech popílků ze spaloven v České republice. Zpracovávání popílků a dalších odpadů s obsahem toxických látek a jejich následné zabudování do stavebních materiálů a rekultivačních směsí představuje potenciální zdroj kontaminace v okolí zpracovatelských provozů i staveb, kde jsou tyto přepracované odpady využívány, a mělo by být důsledně kontrolováno. [16] [17]

Tato studie shrnuje výsledky jednorázového monitoringu perzistentních organických polutantů a těžkých kovů v sedimentech odebraných v okolí zařízení k využívání odpadů Hůrka v roce 2016. Jejím cílem je prověřit znečištění v okolí areálu zařízení k využívání odpadů Hůrka a ověřit možnosti úniku perzistentních organických polutantů a kovových prvků ze zmíněného zařízení. Dalším cílem předkládané studie je ověřit platnost některých závěrů předchozích průzkumů provedených v letech 2009, 2010, 2012 a 2014, jejichž výsledky byly shrnuty ve studii „Znečištění POPs v okolí provozu Quail spol. s.r.o., Hůrka u Temelína“. Dále si studie klade za cíl vytvořit a zhodnotit bilanci vstupů a výstupů do a ze zařízení k využívání odpadů Hůrka pro PCDD/F a další perzistentní organické polutanty, kterými jsou PCB, hexachlorcyklohexan (HCH), tetrachlorbenzen (TCB), pentachlorbenzen (PeCB), hexachlorbenzen (HCB) a hexachlorbutadien (HCBd). Předkládaná studie je součástí dlouhodobých aktivit spolku Arnika v oblasti ochrany životního prostředí toxickými látkami a naplňování Stockholmské úmluvy.

2. Lokalita

Zájmová lokalita zařízení k využívání odpadů Hůrka se nachází v Jihočeském kraji asi 40 km severně od Českých Budějovic a 5 km jihozápadně od Týna nad Vltavou. Umístění lokality na mapě České republiky je znázorněno na obrázku 1. Areál zařízení k využívání odpadů Hůrka leží osamoceně na katastrálních územích Březí a Knín v obci Temelín. Areál se nachází v mírně zvlněném terénu v nadmořské výšce 465 m n. m.. Terén se v okolí areálu mírně svažuje jižním směrem. Nejbližší obcí od zájmové lokality jsou Litoradice nacházející se 1,5 km severovýchodně od zájmového areálu. Zhruba 1,5 km severozápadně se nachází Jaderná elektrárna Temelín a zhruba 1 km západně se nacházela dnes již zaniklá obec Knín. Zhruba 1 km jižně od areálu se nachází tvrz Býšov, což je historický objekt sloužící jako turistický cíl.

Obrázek 1: Umístění zařízení k využívání odpadů Hůrka na mapě České republiky. Lokalita je označena červeně.



Blízké okolí areálu zájmového zařízení tvoří převážně zemědělsky využívané pozemky s remízky a několika chovnými rybníky. Rybníky Starý, Barbora a Pohrobný spolu těsně sousedí a leží ve vzdálenosti cca 500 metrů jižně od areálu provozovny po směru přirozeného odtoku povrchových vod. Hůrecký rybník má největší rozlohu a leží od provozovny cca 800 metrů proti směru přirozeného odtoku povrchových vod. Skrze rybníky protéká severojižním směrem malý bezejmenný potok velikosti strouhy, jehož dvě ramena obtékají areál provozovny. Rameno obtékající zájmový areál ze západní strany komunikuje s usazovací nádrží zájmového zařízení. Rybníky Starý, Barbora a Pohrobný jsou pak dále odvodňovány skrze malé potoky (Strouha, Rachačka) do řeky Vltavy.

Zařízení pro odstraňování odpadu Hůrka je provozováno společností Quail spol. s r. o., která zde provádí biodegradaci a stabilizaci odpadů. Plocha zájmového areálu je oplocena a zaujímá cca 3,5 hektaru. Většinu areálu zařízení tvoří budovy a zpevněné plochy. Na zpevněných plochách se nachází dekontaminační plocha s lagunami (1,9 hektaru), linka pro intenzifikaci biodegradace odpadu, zařízení pro sběr a výkup odpadů, mycí rampa, čerpací stanice, nadzemní nádrže technologické vody, mobilní havarijní stanice, digitální mostová váha, kanalizace a žumpa splaškových vod, provozní budova, zásobní nádrže propanu a vnitřní obslužné komunikace. Zbytek areálu zařízení tvoří trávníky, požární nádrž a bezodtoká technologická jímka. Usazovací nádrž se nachází mimo oplocenou plochu jižně od okraje zájmového areálu. Areál zájmového zařízení je znázorněn na obrázku 2.

Obrázek 2: Letecký snímek Zařízení k využívání odpadů – Hůrka. Zdroj: mapy.cz



Zařízení slouží k využívání nebezpečných a ostatních odpadů přepracováním na výrobky metodou biodegradace (odpady kontaminované zejména uhlovodíky) a metodou stabilizace (odpady kontaminované zejména těžkými kovy). Dále v zařízení nárazově probíhá fyzikální úprava odpadů drcením a tříděním na mobilním drtiči. Výsledným produktem jsou certifikované výrobky označené Q.I.-1 a Q.I.-2 (nezpevněné zásypové materiály), které slouží jako výplňová vrstva pod biologickou vrstvou nebo přímo k rekultivacím odkališť, důlních děl, skládek odpadů apod. Podrobný popis technologických procesů je uveden v Rozhodnutí o žádosti o vydání integrovaného povolení. [18]

Biodegradace odpadů s obsahem uhlovodíků, polycyklických aromatických uhlovodíků a fenolů probíhá skrápěním roztokem mikrobiálního inokula na dekontaminační ploše. Tímto způsobem jsou upravovány především kontaminované zeminy a povrchově kontaminované betony, které jsou předem na technologické ploše nadrceny. Stabilizace odpadů se provádí řadou fyzikálních a chemických procesů s cílem zabránit nebo zpomalit přestupu nebezpečných kontaminantů do životního prostředí při použití zpracovaného odpadu jako suroviny. Odpady jsou drceny a míšeny pro úpravu vlhkosti s pojivou a plnivou (popílek, vápno) a záměsovou vodou. Stabilizace popílků probíhá v odizolované záměsové stanici, kde se popílek filtruje a pomocí vlhčicího šneku skrápí technologickou vodou. Výsledným produktem je vlhčený popílek, který se ukládá do deponií pro následnou stabilizaci dalších druhů odpadů. Stabilizace kapalných odpadů je prováděna pomocí vlhčeného popílku v pomocné laguně.

3. Metodika

Všechny vzorky sedimentů byly odebrány během jediného terénního výjezdu na zájmovou lokalitu dne 12. září 2016. Během terénního výjezdu byly na lokalitě odebrány tři vzorky sedimentů na třech odběrových místech pracovníkem ALS Czech Republic s.r.o., který je držitelem osvědčení o akreditaci pro odběr zemin, sedimentů a půd. Přehled odebraných vzorků včetně základních údajů o odběru a geografických souřadnic je uveden v tabulce 1. Každý vzorek se skládá ze 3 až 6 dílčích vzorků. Dílčí vzorky byly odebrány pomocí fanky, vzorkovací lopatky, kádinky a teleskopické tyče ze dna. Jednotlivé dílčí vzorky byly odebrány náhodně v nepravidelné vzdálenosti. Dílčí vzorky z každého odběrového místa byly umístěny do homogenizační nádoby, kde byly zhomogenizovány. Bližší údaje o odběru jednotlivých vzorků jsou uvedeny v protokolech o odběru vzorků dnových sedimentů. Po odebrání byly vzorky uloženy v mobilním termoboxu s chladícími vložkami, ve kterém byly vzorky přepraveny do laboratoře. Část ze vzorků byla přepravena osobním automobilem do laboratoře ALS Czech Republic s.r.o. a další část ze vzorků byla dopravena do laboratoře Axys Varilab s.r.o.

Tabulka 1: Přehled odebraných vzorků a základní údaje o nich

Pracovní název vzorku	Označení vzorku	Číslo odběrového protokolu	GPS	Popisek
Nad nádrží	sediment HÚ 2016 I.	029/MAR/2016	N 49.1654928, E 14.4018969	pod svahem zařízení Hůrka, sediment na patě svahu od areálu závodu, mokřina nad usazovací nádrží
Západní tok	sediment HÚ 2016 II.	030/MAR/2016	N 49.1650683, E 14.4019936	vodoteč za vyústěním ze sedimentační nádrže (obtékající ze západu, komunikující s nádrží), sediment ze dna potoka
Východní tok	sediment HÚ 2016 III.	031/MAR/2016	N 49.1652544, E 14.4021008	druhé rameno vodoteče, které není v kontaktu se sedimentační nádrží (obtékající z východu), sediment ze dna zaneseného koryta potoka

V odebraných vzorcích byly stanoveny koncentrace sedmi indikátorových kongenerů PCB (I-PCB), koncentrace dvanácti dioxinům podobných kongenerů PCB (DL-PCB), koncentrace sedmnácti toxikologicky významných kongenerů dioxinů (PCDD/F), koncentrace šestnácti homologů polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) a koncentrace celkem dvaceti kovových prvků. Chemické analýzy pro stanovení koncentrace I-PCB, DL-PCB, PCDD/F a PAH v odebraných vzorcích byly provedeny v akreditované laboratoři Axys – Varilab spol. s.r.o. ve Vraném nad Vltavou. Analýzy v laboratoři Axys – Varilab s.r.o. byly provedeny metodou vysokorozlišující hmotnostní spektrometrie s předsazenou plynovou chromatografií na hmotnostním spektrometru Autospec Ultima. Všechny analýzy provedené v laboratoři Axys – Varilab s.r.o. byly provedeny akreditovanými zkouškami. Chemické analýzy pro stanovení koncentrace dvaceti kovových prvků byly provedeny v laboratoři ALS Czech Republic s.r.o. v Praze. Analýzy pro stanovení kovů v laboratoři ALS Czech Republic s.r.o. byly provedeny metodou emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem poté, co byly vzorky homogenizovány a mineralizovány lučavkou královskou. Šestimocný chrom byl stanoven iontovou chromatografií se spektrofotometrickou detekcí. Rovněž všechny analýzy provedené v laboratoři ALS Czech Republic s.r.o. byly provedeny akreditovanými zkouškami. Bližší údaje o použitých analytických metodách jsou uvedeny v protokolech o zkouškách.

Protože různé DL-PCB a PCDD/F mají rozdílnou toxicitu, byly přepočteny pomocí koeficientů ekvivalentu toxicity (TEF). Pro tento účel byly použity mezinárodní koeficienty ekvivalentu toxicity (I-TEF), které jsou preferovány pro abiotické matrice. [19] Koeficienty ekvivalentu toxicity vyjadřují míru toxicity konkrétního kongeneru PCB případně PCDD/F ve vztahu k nejtoxičtějšímu kongeneru PCDD/F, kterým je 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD). Výsledné hodnoty jsou vyjádřeny v mezinárodním toxickém ekvivalentu (I-TEQ), který umožňuje porovnat toxický efekt vzorků s různým složením jednotlivých kongenerů PCB a PCDD/F. [20]

Pro účely celkové toxikologické bilance zařízení na využívání odpadu Hůrka byly spočteny celkové odhady vstupů (En) a výstupů (Ex) PCDD/F a dalších perzistentních organických polutantů do a ze zařízení za určité časové období. Jako vstupní informace pro výpočet odhadu vstupů ve sledovaném období posloužila hmotnost odpadu od jednotlivých dodavatelů odpadů dle hlášení o produkci a nakládání s odpady, které je provozovatel povinen vytvářet dle vyhlášky 383/2001 Sb. Koncentrace PCDD/F a dalších perzistentních organických polutantů ve vstupujících odpadech od různých dodavatelů byla získána z protokolů o chemických analýzách, které byly poskytnuty Krajským úřadem Jihočeského kraje a Českou inspekcí životního prostředí. Odhad vstupu PCDD/F a dalších perzistentních organických polutantů v odpadech do zařízení byl spočten dle vzorce:

$$E_n = \sum m_i * c_i$$

E_n je odhadovaná hmotnost konkrétního kontaminantu vstupující spolu s odpadem do zařízení k odstraňování odpadu Hůrka ve sledovaném období. Pro PCDD/F je vyjádřena v gramech I-TEQ a pro ostatní perzistentní organické polutanty (HCH, TCB, PeCB, HCB, PCB a HCBD) v gramech.

m_i je hmotnost odpadu od dodavatele i použitého na výrobu certifikovaného výrobku ve sledovaném období. Je vyjádřena v tunách odpadu.

c_i je koncentrace konkrétního kontaminantu v odpadu od dodavatele i použitého na výrobu certifikovaného výrobku. Pro PCDD/F je vyjádřena v mg I-TEQ/kg sušiny a pro ostatní perzistentní organické polutanty (HCH, TCB, PeCB, HCB, PCB a HCBD) v mg/kg sušiny.

Jako vstupní informace pro výpočet odhadu vstupů ve sledovaném období posloužila odhadovaná hmotnost výrobku, dle protokolů o odběru vzorků, a koncentrace PCDD/F a dalších perzistentních organických polutantů, dle protokolů o chemických analýzách. Protokoly o odběru vzorků a protokoly o chemických analýzách poskytl Krajský úřad Jihočeského kraje. Koncentrace HCH, TCB, PeCB, HCB, PCB a HCBD byla dle protokolů o chemických analýzách výrobku pod detekčním limitem, tudíž byl odhadovaný výstup spočten pouze pro PCDD/F. Odhad výstupu PCDD/F v odpadech ze zařízení byl spočten dle vzorce:

$$E_x = \sum m_i * c_i$$

E_x je odhadovaná hmotnost konkrétního kontaminantu vystupující v certifikovaném výrobku ze zařízení k odstraňování odpadu Hůrka ve sledovaném období. Je vyjádřena v gramech PCDD/F I-TEQ.

m_i je odhad hmotnosti várky i certifikovaného výrobku, jehož výroba byla dokončena ve sledovaném období. Je vyjádřena v tunách výrobku.

c_i je koncentrace konkrétního kontaminantu ve várce i certifikovaného výrobku, který opustil zařízení k odstraňování odpadů Hůrka během sledovaného období. Je vyjádřena v mg PCDD/F I-TEQ/kg sušiny.

Z důvodu charakteru zpracovávaných podkladů mohl být odhad vstupu kontaminantů s odpadem spočten zvlášť pro jednotlivé roky 2014 a 2015, ale odhad výstupu s produktem byl spočten dohromady pro dvouleté období 2014 a 2015. Odhad vstupu a výstupu PCDD/F do a ze za řízení byl spočten variantně jako minimální odhadovaný vstup/výstup a maximální odhadovaný vstup/výstup na základě spodní a horní hranice výsledků chemických analýz. Pokud data o koncentracích kontaminantů v příslušném roce chyběla, byla použita data z jiného dostupného období, což výsledný odhad zatížilo větší chybou.

4. Výsledky

Koncentrace sedmi kongenerů I-PCB v odebraných vzorcích sedimentů se pohybovala v rozmezí 110 až 155,6 $\mu\text{g/kg}$ sušiny. Hodnoty I-PCB pro jednotlivé vzorky sedimentů jsou uvedeny v tabulce 2. Zastoupení jednotlivých kongenerů I-PCB ve vzorcích je znázorněno v grafu 1. Koncentrace kongenerů DL-PCB pro jednotlivé vzorky sedimentů jsou uvedeny v tabulce 3. Zastoupení jednotlivých DL-PCB ve vzorcích je znázorněno v grafu 2. Koncentrace kongenerů PCDD/F pro jednotlivé vzorky sedimentů jsou uvedeny v tabulce 4. Zastoupení jednotlivých kongenerů PCDD/F v odebraných vzorcích je znázorněno v grafu 3. Součet I-TEQ pro DL-PCB a PCDD/F v odebraných vzorcích sedimentů se pohybuje v rozmezí 409,8 až 566,8 ng/kg sušiny. Toxický efekt I-TEQ pro DL-PCB, PCDD/F a jejich celkový součet v odebraných vzorcích sedimentů jsou shrnuty v tabulce 5. Koncentrace šestnácti homologů PAH v odebraných vzorcích sedimentů se pohybovala v rozmezí 107 950 až 6 298 $\mu\text{g/kg}$ sušiny. Hodnoty homologů PAH pro jednotlivé vzorky sedimentů jsou uvedeny v tabulce 6. Zastoupení jednotlivých homologů PAH ve vzorcích je znázorněno v grafu 4. Koncentrace kovových prvků pro jednotlivé vzorky sedimentů jsou uvedeny v tabulce 7.

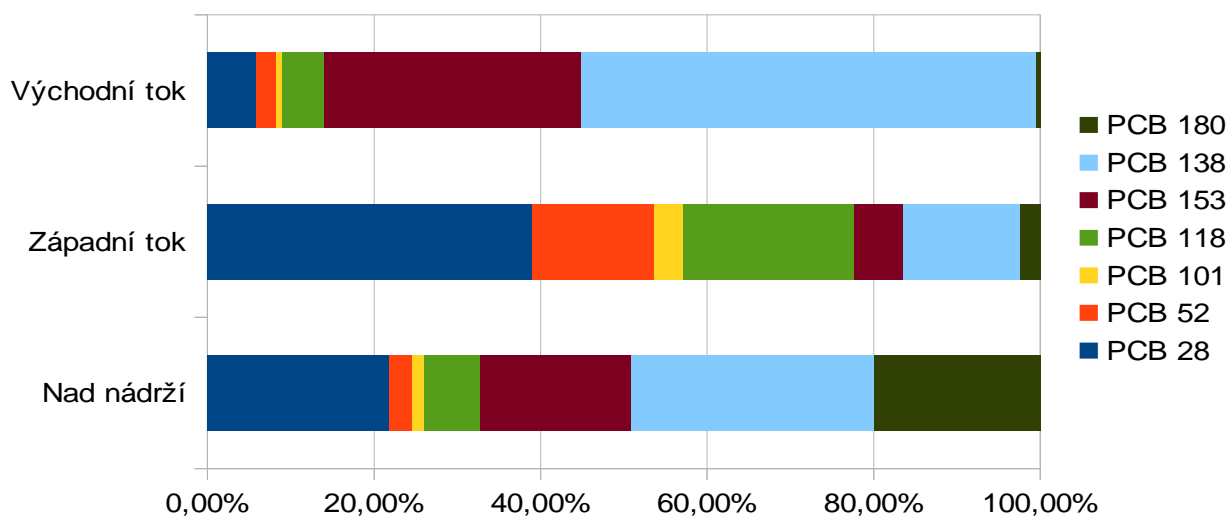
Tabulka 2: Koncentrace I-PCB ve vzorcích sedimentů v $\mu\text{g/kg}$ sušiny.

	Nad nádrží [$\mu\text{g/kg}$ sušiny]	Západní tok [$\mu\text{g/kg}$ sušiny]	Východní tok [$\mu\text{g/kg}$ sušiny]
PCB 28	24	53	9
PCB 52	3,1	20	3,9
PCB 101	1,6	4,7	1
PCB 118	7,3	28	7,9
PCB 153	20	8,1	48
PCB 138	32	19	85
PCB 180	22	3,3	0,77
Σ 6 PCB ¹⁾	102,7	108,1	147,67
Σ 7 PCB ²⁾	110	136,1	155,57

¹⁾ Označením Σ 6 PCB je myšlena suma šesti kongenerů PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB153 a PCB 180.

²⁾ Označením Σ 7 PCB je myšlena suma sedmi kongenerů PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB153 a PCB 180.

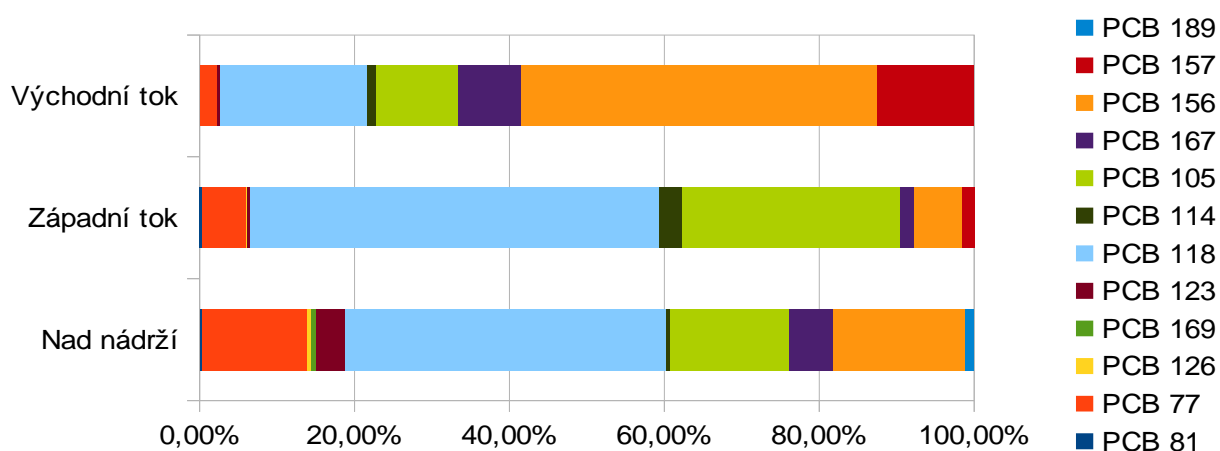
Graf 1: Procentuální zastoupení kongenerů I-PCB ve vzorcích odebraných sedimentů.



Tabulka 3: Koncentrace DL-PCB ve vzorcích sedimentů v $\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny.

	Nad nádrží [$\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny]	Západní tok [$\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny]	Východní tok [$\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny]
PCB 81	0,046	0,16	0,04
PCB 77	2,4	3	0,88
PCB 126	0,09	0,11	0,027
PCB 169	0,096	0,0068	< 0.002
PCB 123	0,65	0,23	0,16
PCB 118	7,3	28	7,9
PCB 114	0,081	1,6	0,42
PCB 105	2,7	15	4,4
PCB 167	1	0,9	3,4
PCB 156	3	3,3	19
PCB 157	< 0.02	0,83	5,2
PCB 189	0,19	< 0.03	< 0.02

Graf 2: Procentuální zastoupení kongenerů DL-PCB ve vzorcích odebraných sedimentů.

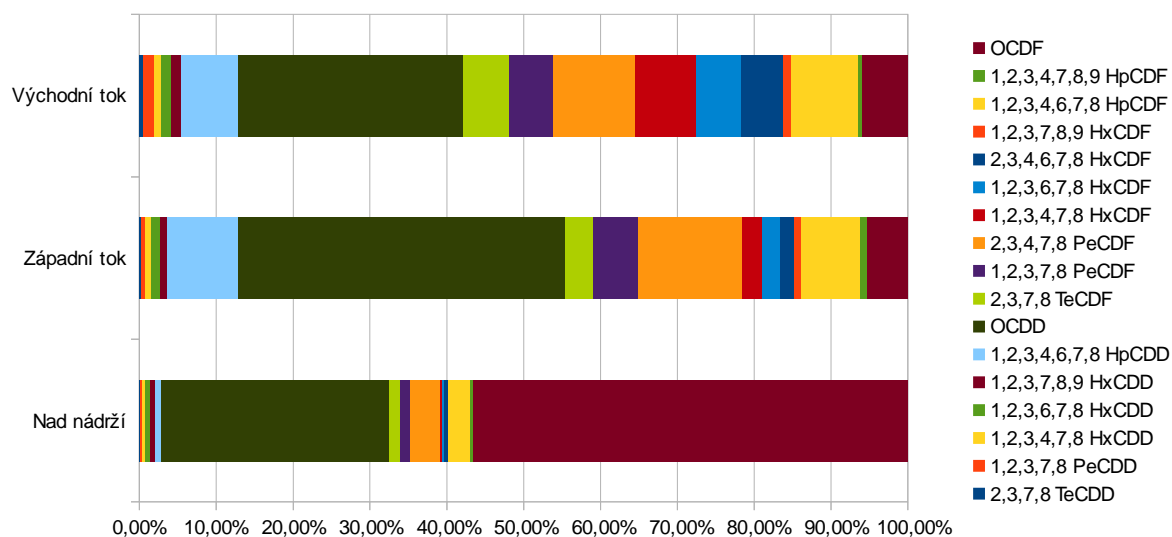


Tabulka 4: Koncentrace PCDD/F ve vzorcích sedimentů v ng/kg sušiny.

	Nad nádrží [ng/kg sušiny]	Západní tok [ng/kg sušiny]	Východní tok [ng/kg sušiny]
2378-TeCDD	14	1,7	0,76
12378-PeCDD	32	4,1	2,2
123478-HxCDD	57	5,7	1,2
123678-HxCDD	100	8	2,1
123789-HxCDD	85	7	2
1234678-HpCDD	130	68	11
OCDD	4300	310	44
2378-TeCDF	190	27	9
12378-PeCDF	190	43	8,4
23478-PeCDF	560	98	16
123478-HxCDF	53	20	12
123678-HxCDF	32	17	8,7
234678-HxCDF	69	13	8,3
123789-HxCDF	7,1	6,8	1,6
1234678-HpCDF	410	56	13
1234789-HpCDF	53	6,2	0,9
OCDF	8200	39	8,8
Σ 3 HxCDD ¹⁾	242	20,7	5,3

¹⁾ Označením Σ 3 HxCDD je myšlena suma tří kongenerů dibenzo-p-dioxinů se šesti atomy chlóru (hexachloro-dibenzodioxiny), které byly stanoveny. Konkrétně se jedná o 123478-HxCDD, 123678-HxCDD a 123789-HxCDD.

Graf 3: Procentuální zastoupení kongenerů PCDD/F ve vzorcích odebraných sedimentů.



Tabulka 5: Toxický efekt I-TEQ PCDD/F a DL-PCB ve vzorcích sedimentů v ng/kg sušiny.

	Nad nádrží [ng/kg sušiny]	Západní tok [ng/kg sušiny]	Východní tok [ng/kg sušiny]
DL-PCB I-TEQ	149,9	499,8	394,7
PCDD/F I-TEQ	397,2	67	15,1
Σ I-TEQ ¹⁾	547,1	566,8	409,8

¹⁾ Označením Σ I-TEQ je myšlena suma DL-PCB I-TEQ a PCDD/F I-TEQ.

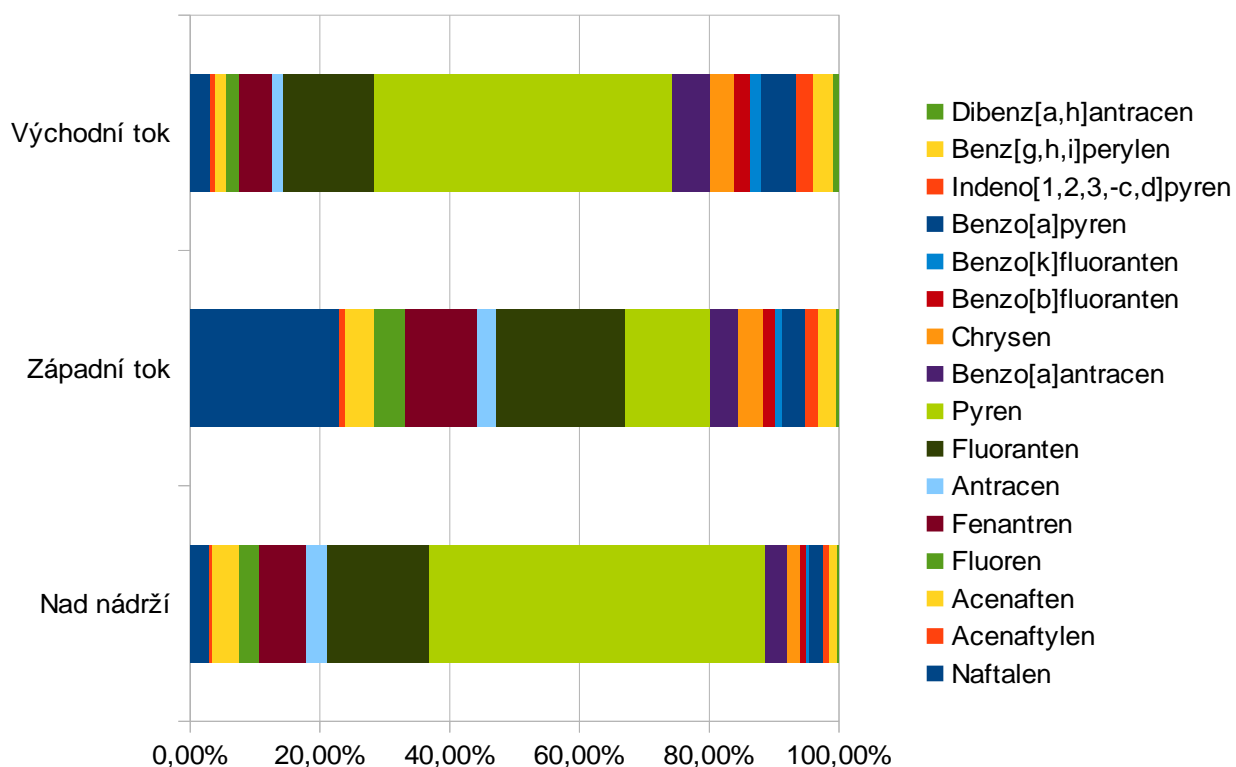
Tabulka 6: Koncentrace PAH ve vzorcích sedimentů v $\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny.

	Nad nádrží [$\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny]	Západní tok [$\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny]	Východní tok [$\mu\text{g}/\text{kg}$ sušiny]
Naftalen	3 100	2 300	190
Acenaftalen	570	100	55
Acenaften	4 500	450	110
Fluoren	3 400	480	120
Fenantren	7 800	1 100	320
Antracen	3 400	300	110
Fluoranten	17 000	2 000	880
Pyren	56 000	1 300	2 900
Benzo[a]antracen	3 500	440	360
Chrysen	2 300	390	240
Benzo[b]fluoranten	920	170	150
Benzo[k]fluoranten	590	120	110
Benzo[a]pyren	2 300	360	340
Indeno[1,2,3,-c,d]pyren	1 000	190	160
Benz[g,h,i]perylen	1 300	290	200
Dibenz[a,h]antracen	270	35	53
Σ 16 PAH ¹⁾	107950	10025	6298
Σ 12 PAH ²⁾	99210	8960	5960

¹⁾ Označením Σ 16 PAH je myšlena suma všech homologů PAH, které byly stanovovány a jsou uvedeny v tabulce.

²⁾ Označením Σ 12 PAH je myšlena suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(a)pyrenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(ghi)peryleny, benzo(k)fluoranthenu, fluoranthrenu, fenantrenu, chryseny, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu.

Graf 4: Procentuální zastoupení homologů PAH ve vzorcích odebraných sedimentů.



Tabulka 7: Koncentrace kovových prvků ve vzorcích sedimentů v mg/kg sušiny.

	Nad nádrží [mg/kg sušiny]	Západní tok [mg/kg sušiny]	Východní tok [mg/kg sušiny]
Stříbro (Ag)	2,62	< 0,5	< 0,5
Arsen (As)	53,1	10,8	3,29
Bór (B)	69	6,2	2,3
Baryum (Ba)	410	224	163
Berylium (Be)	4,93	1,16	0,542
Kadmium (Cd)	20,8	2,39	0,55
Kobalt (Co)	15,6	12,5	8,97
Chrom šestimocný (Cr ⁶⁺)	0,232	0,106	0,104
Měď (Cu)	248	52	29,7
Železo (Fe)	32700	23800	20200
Rtuť (Hg)	2,69	< 0,2	< 0,2
Mangan (Mn)	1070	631	453
Molybden (Mo)	4,84	1,42	< 0,4
Nikl (Ni)	75,7	38	22,4
Olovo (Pb)	497	84,3	27,6
Antimon (Sb)	71,5	9,67	1,58
Selen (Se)	2,6	< 0,2	< 0,2
Cín (Sn)	121	14,4	3,6
Vanad (V)	109	54	39,8
Zinek (Zn)	3100	502	160

5. Diskuse

Interpretace a význam naměřených hodnot sledovaných látek v sedimentech lze provést na základě srovnání s referenčními hodnotami. Jako referenční hodnoty mohou sloužit: 1) koncentrace sledovaných kontaminantů na referenčních lokalitách anebo 2) legislativní kritéria sledovaných kontaminantů. Koncentrace sledovaných kontaminantů na referenčních lokalitách může pomoci interpretovat, zda se koncentrace sledovaných kontaminantů prezentovaných v této studii nacházejí na běžné úrovni nebo zda je lokalita zatížena významným výskytem sledovaných kontaminantů.

5.1 Srovnání koncentrace sledovaných kontaminantů na referenčních lokalitách

Jako referenční hodnoty mohou sloužit koncentrace sledovaných kontaminantů: 1) z nezatížených lokalit bez významných zdrojů znečištění, 2) z lokalit v oblastech zatížených průmyslem, ale bez významné akutní kontaminace sledovanými látkami, 3) vypočtené jako průměr z více lokalit a 4) z lokalit kontaminovaných nebo výrazně znečištěných. Všechna tato srovnání mohou blíže specifikovat míru znečištění sledované lokality a určit závažnost potenciálního znečištění.

Během desetiletého měření (1998 až 2008) na lokalitě v Košetcích, která je považována za nezatíženou lokalitu, byla naměřena průměrná hodnota sedmi I-PCB v sedimentu vodního toku 2,2 µg/kg sušiny. [21] Pokud bychom ji použili jako referenční hodnotu, všechny tři odebrané vzorky sedimentů mají minimálně padesátinásobně vyšší koncentrace sedmi kongenerů I-PCB než se

nacházejí mimo oblasti s přítomností průmyslu a potenciálních zdrojů znečištění. Z toho lze usuzovat, že zájmová lokalita je znečištěna přítomností PCB. Koncentrace sedmi kongenerů I-PCB na všech třech odběrových místech lze považovat za nadprůměrné také v porovnání s dlouhodobým průměrem v sedimentech vodních toků v České republice. Pro srovnání mohou sloužit data zjištěná Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským z Brna, který pro sumu sedmi kongenerů I-PCB zjistil v sedimentech vodních toků mezi lety 1995 – 2014 průměrnou hodnotu 14,3 µg/kg sušiny. [22] Koncentrace sedmi kongenerů I-PCB ve sledovaných vzorcích několikanásobně převyšuje také tyto průměrné hodnoty, takže lze zájmovou lokalitu považovat za výrazně znečištěnou PCB. Koncentrace I-PCB na sledované lokalitě jsou řádově srovnatelné s hodnotami, které byly nalezeny v řekách Bilina a Labe v okolí Ústí nad Labem během loňského roku (35,6 – 360,7 µg/kg sušiny sedmi I-PCB). [23] Uvedené řeky patří mezi české vodní toky nejvíce znečištěné PCB, takže zjištěné koncentrace PCB na zájmové lokalitě lze považovat za významné.

V Košeticích, které jsou považovány za nezatíženou pozadřovou lokalitu pro střední Evropu, byla naměřena koncentrace PCDD/F v sedimentu vodního toku 1,4 ng/kg sušiny I-TEQ. [24] Odebrané vzorky na zájmové lokalitě mají deseti- až stonásobně vyšší hodnoty než je tato referenční hodnota. K velmi podobnému závěru bychom dospěli, pokud bychom jako referenční hodnoty použili průměrné koncentrace PCDD/F z průmyslových aglomerací Zlína (1,64 ng/kg sušiny I-TEQ) a Berouna (1,83 ng/kg sušiny I-TEQ). [24] V nejlepším případě jsou nejnižší naměřené hodnoty PCDD/F I-TEQ v zájmové lokalitě stále více než osminásobně vyšší než uvedené referenční pozadřové hodnoty. Z toho lze usuzovat, že zájmová lokalita je významně znečištěna přítomností PCDD/F. V Národním implementačním plánu Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech [25] je za průměrnou hodnotu PCDD/F v půdách považován výsledek monitoringu z roku 2001 na 38 lokalitách v České republice, při kterém byla zjištěna průměrná hodnota 3,1 ng/kg sušiny I-TEQ. Odebrané vzorky několikanásobně převyšují průměrné hodnoty z monitoringu a ta nejnižší je na úrovni zjištěného maxima (to bylo 14,3 ng I-TEQ/kg). Také pokud bychom použili referenční hodnotu pro půdy, je koncentrace PCDD/F na odběrových místech deset- až stokrát vyšší.

Během desetiletého měření (1998 až 2008) byla na lokalitě v Košeticích naměřena průměrná koncentrace šestnácti homologů PAH v říčním sedimentu 210 µg/kg sušiny. [21] Pokud ji použijeme jako referenční hodnotu, je na všech třech sledovaných odběrových lokalitách mnohonásobně převyšena. Na odběrovém místě s nejmenší koncentrací šestnácti homologů PAH (východní tok) je to téměř třicetkrát, ale na odběrovém místě s největší koncentrací šestnácti homologů PAH (nad nádrží) to je více než pětsetkrát. Všechna tři odběrová místa mají významně vyšší koncentrace PAH, než jaké se nacházejí na nezatížených lokalitách. Ovšem v porovnání s průměrem v sedimentech vodních toků není na sledované lokalitě kontaminace PAH tak výrazná. Pro srovnání průměrných hodnot PAH v sedimentech vodních toků mohou posloužit data zjištěná Výzkumným ústavem vodohospodářským, který pro sumu dvanácti homologů PAH zjistil průměrnou hodnotu 26 300 µg/kg sušiny. [22] Z tohoto srovnání odběrová místa označená jako východní tok a západní tok průměr nepřevyšují. Odběrové místo označené nad nádrží obsahuje téměř čtyřnásobek této hodnoty. Koncentrace šestnácti homologů PAH na odběrovém místě označeném jako nad nádrží dokonce převyšovala hodnotu (90 200 µg/kg sušiny Σ 16 PAH) zjištěnou na Černém potoce v Ostravě, přičemž je tato lokalita zatížena dlouhodobým provozem bývalé koksovny. [23]

Srovnání průměrných hodnot kovových prvků v sedimentech vodních toků lze učinit na základě dat zjištěných Výzkumným ústavem vodohospodářským. Výsledky jejich několikaletého monitoringu pro devět ze dvaceti sledovaných kovových prvků jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Průměrné hodnoty kovových prvků v sedimentech vodních toků (1995 – 2014) uvedené v mg/kg sušiny po extrakci lučavkou královskou. [22]

As	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
11,4	0,63	11,1	33,3	0,15	31,3	44,6	44,9	157

Ze srovnání koncentrací kovových prvků vychází, že u kadmia a zinku jsou několikanásobně vyšší koncentrace na dvou odběrových místech (nad nádrží a západní potok) než jsou průměrné hodnoty pro sedimenty vodních toků. U dalších šesti kovových prvků (arsen, měď, rtuť, nikl, olovo, vanad) jsou několikanásobně vyšší koncentrace než na odběrovém místě označeném jako nad nádrží. V této souvislosti je důležité upozornit, že koncentrace arsenu se může na jednotlivých místech velmi lišit z důvodu jeho proměnlivého obsahu v podloží. Pouze průměrná koncentrace kobaltu v sedimentech vodních toků je řádově srovnatelná s hodnotami nalezenými na odběrových místech.

5.2 Srovnání s legislativními kritérii sledovaných kontaminantů

V české legislativě nejsou explicitně uvedeny limitní hodnoty pro výskyt námi sledovaných kontaminantů v sedimentech vodních toků. Přesto lze provést srovnání s některými kritérii používanými státní správou. Těmito kritérii jsou 1) indikátory znečištění uvedené v Metodickém pokynu MŽP [26] a 2) požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle tabulky č. 10.1 přílohy č. 10 vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. [27] Přehled výše uvedených kritérií je uveden v tabulce 12.

Srovnání s indikátory znečištění z Metodického pokynu MŽP může za absence limitních hodnot přípustného znečištění sedimentů vodních toků pomoci zhodnotit míru znečištění na zájmové lokalitě nejlépe. Přestože jsou tyto indikátory znečištění dle uvedeného metodického pokynu používány pro výskyt kontaminantů v zeminách, lze je dle písemného vyjádření vedoucího oddělení ochrany vod České inspekce životního prostředí oblastního inspektorátu Ostrava použít k hodnocení také sedimentů vodních toků.

Indikátory znečištění zemin jsou stanoveny 1) pro průmyslově využívaná území (zahrnující plochy pro výrobu a technickou infrastrukturu) a 2) pro ostatní plochy mimo průmyslově využívaná území (např. plochy pro bydlení, plochy veřejného vybavení, plochy smíšené atd.). Odběrová místa pod označením západní tok a východní tok se dle katastru nemovitostí nacházejí na pozemcích využívaných jako trvalý travní porost a jsou chráněny jako zemědělský půdní fond. Tato dvě odběrová místa lze bez bezpochyby zařadit do kategorie ostatní plochy. Odběrové místo pod označením nad nádrží se dle katastru nemovitostí nachází na pozemcích bez uvedení způsobu využití a ochrany, ovšem samotná usazovací nádrž zájmového zařízení, která s uvedenými pozemky těsně sousedí, se nachází na pozemcích vedených jako trvalý travní porost a chráněných jako zemědělský půdní fond. Z dostupných informací nelze jasně rozhodnout, zda považovat odběrové místo označené jako nad nádrží za ostatní plochy nebo průmyslově využívané území. Přestože by bylo vhodnější uvedené místo zařadit spíše jako ostatní plochy bude z důvodu nejednoznačnosti srovnáno s indikátory znečištění v obou uvedených kategoriích.

Požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. se legislativně přímo nevztahují na sedimenty na odběrových místech, ale z důvodů níže uvedených budou představovat zajímavé srovnání.

Tabulka 12: Přehled kritérií používaných ve státní správě pro výskyt námi sledovaných kontaminantů.

	Zemina – ostatní plochy ⁶⁾	Zemina – průmyslově využívané území ⁶⁾	Povrch terénu skládek ⁷⁾
jednotlivý kongener I-PCB	110 µg/kg sušiny	380 µg/kg sušiny	-
Σ 6 PCB ¹⁾	220 µg/kg sušiny	740 µg/kg sušiny	-
Σ 7 PCB ²⁾	-	-	200 µg/kg sušiny
2,3,7,8-TCDD ³⁾	4,5 ng/kg sušiny	18 ng/kg sušiny	-
Σ HxCDD ⁴⁾	94 ng/kg sušiny	390 ng/kg sušiny	-
Naftalen	3600 µg/kg sušiny	18000 µg/kg sušiny	-
Acenaften	3400000 µg/kg sušiny	33000000 µg/kg sušiny	-
Fluoren	2300000 µg/kg sušiny	22000000 µg/kg sušiny	-
Antracen	17000000 µg/kg sušiny	170000000 µg/kg sušiny	-
Fluoranten	2300000 µg/kg sušiny	22000000 µg/kg sušiny	-
Pyren	1700000 µg/kg sušiny	17000000 µg/kg sušiny	-
Benzo[a]antracen	150 µg/kg sušiny	2100 µg/kg sušiny	-
Chrysen	15000 µg/kg sušiny	210000 µg/kg sušiny	-
Benzo[b]fluoranten	150 µg/kg sušiny	2100 µg/kg sušiny	-
Benzo[k]fluoranten	1500 µg/kg sušiny	21000 µg/kg sušiny	-
Benzo[a]pyren	15 µg/kg sušiny	210 µg/kg sušiny	-
Indeno[1,2,3,-c,d]pyren	150 µg/kg sušiny	2100 µg/kg sušiny	-
Dibenz[a,h]antracen	15 µg/kg sušiny	210 µg/kg sušiny	-
Σ 12 PAH ⁵⁾	-	-	6000 µg/kg sušiny
stříbro (Ag)	390 mg/kg sušiny	5100 mg/kg sušiny	-
arsen (As)	0,61 mg/kg sušiny	2,4 mg/kg sušiny	10 mg/kg sušiny
bór (B)	16000 mg/kg sušiny	200000 mg/kg sušiny	-
baryum (Ba)	15000 mg/kg sušiny	190000 mg/kg sušiny	-
beryllium (Be)	160 mg/kg sušiny	2000 mg/kg sušiny	-
kadmium (Cd)	70 mg/kg sušiny	800 mg/kg sušiny	1 mg/kg sušiny
kobalt (Co)	23 mg/kg sušiny	300 mg/kg sušiny	-
chrom šestimocný (Cr ⁶⁺)	0,29 mg/kg sušiny	5,6 mg/kg sušiny	-
měď (Cu)	3100 mg/kg sušiny	41000 mg/kg sušiny	-
železo (Fe)	55000 mg/kg sušiny	720000 mg/kg sušiny	-
rtuť (Hg)	10 mg/kg sušiny	43 mg/kg sušiny	0,8 mg/kg sušiny
mangan (Mn)	1800 mg/kg sušiny	23000 mg/kg sušiny	-
molybden (Mo)	390 mg/kg sušiny	5100 mg/kg sušiny	-
nikl (Ni)	1500 mg/kg sušiny	20000 mg/kg sušiny	80 mg/kg sušiny
olovo (Pb)	400 mg/kg sušiny	800 mg/kg sušiny	100 mg/kg sušiny
antimon (Sb)	31 mg/kg sušiny	410 mg/kg sušiny	-

selen (Se)	390 mg/kg sušiny	5100 mg/kg sušiny	-
cín (Sn)	47000 mg/kg sušiny	610000 mg/kg sušiny	-
vanad (V)	390 mg/kg sušiny	5100 mg/kg sušiny	180 mg/kg sušiny
zinek (Zn)	23000 mg/kg sušiny	310000 mg/kg sušiny	-

¹⁾ Označením Σ 6 PCB je myšlena suma šesti kongenerů: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 a PCB 180.

²⁾ Označením Σ 7 PCB je myšlena suma šesti kongenerů: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 a PCB 180.

³⁾ Označení 2,3,7,8-TCDD je zkratka pro 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxin.

⁴⁾ Označením Σ HxCDD je myšlena suma kongenerů dibenzo-p-dioxinů se šesti atomy chlóru (hexachloro-dibenzodioxiny).

⁵⁾ Označením Σ 12 PAH je myšlena suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(a)pyrenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(ghi)perylenu, benzo(k)fluoranthenu, fluoranthrenu, fenanthrenu, chrysenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu.

⁶⁾ Metodický pokyn MŽP: Indikátory znečištění 2013, Příloha 1: Přehled hodnot indikátorů znečištění zemin, půdního vzduchu a podzemní vody. [26]

⁷⁾ Tabulka č. 10.1 přílohy č. 10 vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. [27]

Koncentrace jednotlivých kongenerů PCB ani jejich celkový součet nepřesahuje indikátory znečištění ani v jedné ze dvou uvedených kategorií. Odběrové místo označené jako nad nádrží z hlediska koncentrace 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxinu překračuje několikanásobně indikátor znečištění zemin v kategorii pro ostatní plochy a dosahuje téměř 80 % indikátoru znečištění v kategorii pro průmyslově využívaná území. Odběrová místa označená jako východní tok a západní tok z hlediska koncentrace 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxinu indikátorům znečištění zemin vyhovují. Stejně dopadá srovnání s indikátory znečištění zemin pro sumu kongenerů hexachloro-dibenzodioxinů s tím rozdílem, že koncentrace uvedeného ukazatele na odběrovém místě nad nádrží dosahuje 60 % příslušného indikátoru pro průmyslově využívané území. Z uvedeného vyplývá, že odběrové místo nad nádrží nevyhovuje z hlediska obsahu PCDD/F indikátorům znečištění zemin v kategorii ostatní území.

Koncentrace celkem čtyř homologů PAH (benzo[b]fluoranten, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3-c,d]pyren, dibenz[a,h]antracen) přesahují indikátory znečištění zemin na všech třech odběrových místech a to v obou uvedených kategoriích. Koncentrace benzo[a]antracenu přesahuje na odběrovém místě nad nádrží indikátor znečištění zemin v kategorii průmyslově využívaných území a na dvou zbývajících odběrových místech (západní tok a východní tok) přesahuje indikátor znečištění zemin v kategorii ostatní plochy. Zbýlých sedm homologů PAH indikátory znečištění zemin na všech třech odběrových místech nepřekračují.

Koncentrace arsenu přesahuje indikátory znečištění zemin na všech třech odběrových místech a to v obou uvedených kategoriích. V případě arsenu jsou v České republice vzhledem ke geochemickým poměrům v horninovém prostředí běžné vyšší koncentrace než uvedené indikátory znečištění. V takových případech jsou indikací znečištění až koncentrace arsenu překračující hodnoty přírodního pozadí v místně-specifických podmínkách hodnocené lokality. Přestože dle dat Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Brně [28] v příslušném katastru sledované lokality nebyl zvýšený obsah arsenu v zemědělské půdě zjištěn, nelze bez dalších vstupních dat objektivně posoudit možnost přirozeného obsahu tohoto prvku. Koncentrace olova a antimonu na odběrovém místě označeném jako nad nádrží přesahuje indikátory znečištění zemin

pro kategorii ostatní plochy. Koncentrace zbyvajících kovových prvků na všech třech odběrových místech jsou nižší než indikátorové hodnoty znečištění zemin.

Smyslem indikátorů znečištění je indikace míst s přítomností chemických látek vyžadující další zkoumání a hodnocení, zda výskyt škodliviny nereprezentuje riziko pro lidské zdraví. Překročení hodnoty indikátoru znečištění neznamena automaticky nutnost provedení nápravných opatření, jedná se pouze o indikaci, že zjištěná úroveň znečištění má potenciál nepříznivého vlivu na lidské zdraví či ekosystémy, a je nezbytné významnost tohoto rizika dále zkoumat a hodnotit. Z toho lze pro sledovanou lokalitu vyvodit, že minimálně v případě pěti různých homologů PAH, ale pravděpodobně také v případě PCDD/F, olova a antimonu je potřeba provést podrobnější monitoring, na základě kterého by mohla být stanovena nápravná opatření.

Přestože se kritéria tabulky č. 10.1 přílohy č. 10 vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, přímo nevztahuje na sedimenty vodních toků, byly odebrané vzorky sedimentů srovnány z pracovních důvodů také s požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle uvedené vyhlášky. Hodnocení může být zajímavé především ve srovnání s produkty, které jsou v zařízení pro využívání odpadů Hůrka vyráběny, protože tato vyhláška pro některé jejich využití stanovuje legislativní požadavky.

Koncentrace sedmi I-PCB v sedimentech na všech třech odběrových místech by vyhověly požadavkům na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. Koncentrace dvanácti homologů PAH v sedimentech na odběrových místech označených jako nad nádrží a západní tok by požadavkům na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu nevyhověly. Z hlediska obsahu arsenu a kadmia by požadavkům na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu nevyhověly sedimenty z odběrových míst označených jako nad nádrží a západní tok. Požadavkům na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu by z hlediska obsahu rtuti a olova nevyhověly sedimenty z odběrového místa označeného jako nad nádrží. Z kovových prvků by pouze obsah vanadu a niklu v sedimentech na všech odběrových místech vyhověl požadavkům na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu.

5.3 Zdroj kontaminace sedimentů

Původce řady kontaminantů zjištěných v odebraných vzorcích sedimentů je s největší pravděpodobností provoz zařízení na využívání odpadů Hůrka. K tomuto závěru lze dospět na základě několika následujících faktů.

Předmětné zařízení používá materiály a odpady, které prokazatelně některé ze sledovaných kontaminantů obsahují. Přestože nemáme k dispozici údaje o všech zájmových kontaminantech ve všech přijímaných odpadech, které jsou v zařízení využívány, je v některých odpadech doložena přítomnost PCDD/F, PCB a dalších perzistentních organických polutantů. Jedná se konkrétně o pevné odpady z čištění odpadních plynů (katalogové číslo 19 01 07) a pevné odpady zčištění plynů obsahující nebezpečné látky (10 02 07). Data o obsahu PCDD/F a dalších perzistentních organických polutantech v odpadech přijímaných do zájmového zařízení jsou uvedena v tabulce 14 a budou blíže komentována v diskusi (kapitola 5.5). Významné koncentrace kovových prvků lze v uvedených odpadech předpokládat a současně je jejich významná přítomnost doložena v protokolech z chemických analýz. Data, která by mohla prokázat významnou přítomnost PAH,

v odpadech používaných v zájmovém zařízení nejsou ověřená, přesto v široké škále odpadů používaných v zájmovém zařízení lze přítomnost PAH potenciálně také předpokládat.

Ze zařízení k využívání odpadů Hůrka může docházet a někdy také docházelo k únikům skladovaných materiálů. Areál zařízení není dostatečně zabezpečen proti tomu, aby dostatečně zabránil odnosu prachových částí větrem. Vzhledem k současným technickým opatřením a množství skladovaných materiálů, které jsou skladovány na volné ploše, nelze odnosu prachových částic úplně zabránit.¹ V minulosti byl právě odnos prachových částic skladovaných materiálů zaznamenán v místě nad usazovací nádrží, což dokládá obrázek 3.

Obrázek 3: Prachové částice unikající ze zařízení k využívání odpadů Hůrka (foto: Arnika 2010).



Výskyt kontaminantů na jednotlivých odběrových místech naznačuje odnos materiálu právě směrem od zařízení na využívání odpadů. Nejvyšší koncentrace PCDD/F, PAH a kovových prvků byly nalezeny na odběrovém místě označeném jako nad nádrží, která se nachází v bezprostřední blízkosti (řádově metrů) od hranice zařízení. Toto odběrové místo se nachází na hranici usazovací nádrže a při vydatných deštích mohou být z tohoto místa odnášeny materiály také do samotné nádrže. Při srovnání koncentrací PCDD/F, PAH a kovových prvků mezi odběrovými místy označenými jako východní tok a západní tok, jsou vyšší koncentrace uvedených kontaminantů

¹ Provozovatel zájmového zařízení zpracoval na základě podnětu spolku Arnika ke změně integrovaného povolení návrh protiprašných opatření, která se stala součástí změny integrovaného povolení vydaného v únoru 2017 Krajským úřadem Jihočeského kraje, proto by měl být odnos prachových částic do budoucna omezen.

s výjimkou jednoho z homologů PAH (pyrenu) vždy ve vzorku odebraném ze západního toku. Právě rameno toku obtékající předmětné zařízení ze západu je propojeno s usazovací nádrží. Z toho lze usuzovat, že na odběrové místo západní tok může být odneseno potenciálně větší množství materiálů unikajících ze zařízení směrem od usazovací nádrže než na odběrové místo východní tok. Jedinou výjimkou v rozložení koncentrace sledovaných kontaminantů mezi odběrovými místy tvoří PCB. Koncentrace PCB byly nejvyšší na odběrovém místě východní tok a klesaly směrem k odběrovému místu nad nádrží. Podíl sedmi kongenerů I-PCB prokázal větší podobnost mezi odběrovými místy nad nádrží a západní tok, které se výrazně liší od odběrového místa východní tok.

V okolí lokality není znám žádný jiný potenciální zdroj sledovaných kontaminantů. V povodí nepojmenovaného toku se nachází pouze Jaderná elektrárna Temelín, Hůrecký rybník, remízky a pole, u kterých není známo, že by byly významnými zdroji některého z námi sledovaných kontaminantů. Jediným potenciálním zdrojem je právě zařízení na využívání odpadů Hůrka, kde je navíc nakládáno s materiály, které pravděpodobně obsahují všechny sledované kontaminanty.

Z uvedených informací jasně vyplývá, že kontaminace nalezená na odběrových místech s největší pravděpodobností až téměř jistě pochází ze zařízení na využívání odpadů Hůrka.

Pokud přijmeme závěr, že kontaminace sledovaných látek pochází ze zařízení k využívání odpadů Hůrka, lze okomentovat také srovnání zjištěných výsledků s požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu dle tabulky č. 10.1 přílohy č. 10 vyhlášky č. 294/2005 Sb. Koncentrace dvanácti homologů PAH na odběrovém místě nad nádrží a západní tok přesahovaly uvedené požadavky dle vyhlášky, podobně tomu bylo v případě koncentrací arsenu a kadmia. Koncentrace rtuti a olova přesahovala uvedené požadavky dle vyhlášky na odběrovém místě nad nádrží. Požadavkům ve vyhlášce by vyhovělo odběrové místo východní tok ve všech sledovaných ukazatelích a dále pak všechna odběrová místa v ukazatelích obsah niklu, vanadu a sedmi kongenerů I-PCB. Uvedené požadavky ve vyhlášce se netýkají obsahu škodlivin v sedimentech vodních toků, ale týkají se obsahu škodlivin v materiálech umístěvaných na povrch terénu. Certifikované výrobky ze zařízení pro využívání odpadů Hůrka jsou dodávány na rekultivaci odkališť v Mydlovarech, kde byly v minulosti zpracovány uranové rudy státním podnikem MAPE. V rámci rekultivace, kterou dnes provádí státní podnik DIAMO, jsou certifikované výrobky Q.I.-1 a Q.I.-2 ze zájmového zařízení využívány jako rekultivační materiál. V příloze 9 dokumentace EIA záměru likvidace uranové činnosti v Mydlovarech je uvedeno, že společnost Quail v minulosti nabízela uvedené certifikované výrobky ze zařízení v Hůrce jako tzv. krycí materiál, který by měl splňovat kritéria dle tabulky č. 10.1 přílohy č. 10 vyhlášky č. 294/2005 Sb. To znamená, že koncentrace kontaminantů v sedimentech vodních toků na odběrových místech označených jako nad nádrží a východní tok by nespĺnily požadavky, které jsou kladeny na potenciální využití produktů, které jsou v zájmovém zařízení vyráběny. Jinými slovy, pokud by byl znečištěný sediment vodního toku výrobkem, nemohl by být použit jako krycí materiál při rekultivaci odkališť v Mydlovarech.

5.4 Srovnání s výsledky předchozího průzkumu

V okolí zájmového zařízení provedl spolek Arnika v letech 2009, 2010, 2012 a 2014 předchozí průzkumy výskytu perzistentních organických polutantů ve vodních tocích a rybnících. Výsledky průzkumu byly v roce 2016 prezentovány ve studii nazvané „Znečištění POPs v okolí provozu Quail spol. s.r.o., Hůrka u Temelína“. Autorka studie ve svých závěrech konstatovala, že znečištění sedimentů perzistentními organickými polutanty (konkrétně PCDD/F a PCB) je způsobeno

provozem zájmového zařízení. Koncentrace perzistentních organických polutantů zjištěné během zmíněného průzkumu jsou přehledně znázorněny v tabulce 13. Koncentrace PCDD/F a DL-PCB z roku 2014 jsou srovnatelné nebo nižší než koncentrace prezentované v předkládané studii, což může poukazovat na pokračující vstup kontaminantů do vodních toků v okolí zájmového zařízení. Zejména lze upozornit na vzrůst koncentrací na odběrových místech pod označením „východní rameno bezejmenného toku“ a „západní rameno bezejmenného toku“, které přibližně korespondují s odběrovými místy pod označeními „východní tok“ a „západní tok“ v předkládané studii. Přes všechny nedostatky a nevhodné formulace ve studii „Znečištění POPs v okolí provozu Quail spol. s.r.o., Hůrka u Temelína“ se lze se závěrem studie, že kontaminace PCDD/F pochází ze zájmového zařízení ztotožnit.

Tabulka 13: Přehled koncentrací perzistentních organických polutantů ve vzorcích sedimentů v okolí zařízení k odstraňování odpadu Hůrka naměřených v letech 2009 až 2014.

Lokalita a datum odebrání vzorku	Σ 7 I-PCB [μg/kg sušiny] ¹⁾	I-TEQ DL-PCB [ng/kg sušiny]	I-TEQ PCDD/F [ng/kg sušiny]	I-TEQ DL-PCB + PCDD/F [ng/kg sušiny]	DR CALUX TEQ DL-PCB + PCDD/F [ng/kg sušiny]	Σ 3 HCH [μg/kg sušiny] ²⁾	HCB [μg/kg sušiny]	PeCB [μg/kg sušiny]
Retenční nádrž (prosinec 2009)	NA	NA	NA	NA	14	NA	NA	NA
Bezejmenný tok (prosinec 2009)	NA	NA	NA	NA	4,5	NA	NA	NA
Retenční nádrž (červen 2010)	3,9	NA	NA	NA	16,5	< 4,5	< 1,5	< 1,5
Bezejmenný tok (červen 2010)	< 11	NA	NA	NA	1,1	< 4,5	< 1,5	< 1,5
Hůrecký rybník (červen 2010)	< 11	NA	NA	NA	NA	< 4,5	< 1,5	< 1,5
Přítok do rybníka Pohrobný (září 2012)	NA	NA	NA	NA	4,9	NA	NA	NA
Odtok z rybníka Pohrobný (září 2012)	NA	NA	NA	NA	5,4	NA	NA	NA
Mokřad u provozovny (září 2012)	NA	NA	NA	NA	16	NA	NA	NA
Mokřad u bezejmenného toku (září 2012)	NA	NA	NA	NA	7,7	NA	NA	NA
Mokřad u provozovny (září 2014)	81,7	111,29	292,88	404,17	NA	NA	NA	NA
Bezejmenný tok (září 2014)	NA	228,79	303,51	532,3	NA	NA	NA	NA

Východní rameno bezejmenného toku (září 2014)	NA	1,85	4,82	6,67	NA	NA	NA	NA
Západní rameno bezejmenného toku (září 2014)	NA	17,37	22,52	39,89	NA	NA	NA	NA

¹⁾ Označením Σ 7 PCB je myšlena suma sedmi kongenerů: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 a PCB 180.

²⁾ Označením Σ 3 HCH je myšlena suma tří izomerů hexachlorbenzenu: α , β , γ .

5.5 Obsah perzistentních organických polutantů v přijímaném odpadu

Do zařízení pro využívání odpadu Hůrka bylo dle evidence v roce 2014 přijato celkem 69 druhů odpadů o celkové hmotnosti 101 600 tun a o rok později to bylo 65 druhů odpadů o celkové hmotnosti 120 604 tun. Z hlediska obsahu perzistentních organických polutantů byly zajímavé především dva druhy odpadu.

Prvním druhem odpadu je pevný odpad z čištění odpadních plynů (katalogové číslo 19 01 07), který byl do zařízení dodán z celkem čtyř spaloven. Ve dvou případech se jedná o velké komerční spalovny komunálního odpadu a ve dvou případech o spalovny nebezpečného odpadu. První spalovnou komunálního odpadu je ZEVO Malešice a je provozována společností Pražské služby a. s. Její celková kapacita je 310 000 tun odpadu za rok. Druhou spalovnou komunálního odpadu SAKO Brno provozuje stejnojmenná akciová společnost a její kapacita je 248 000 tun odpadu za rok. Obě spalovny nebezpečného odpadu jsou provozovány společností RUMPOLD s.r.o. Jedná se o Spalovnu Strakonice (kapacita 1500 tun odpadu ročně) a Spalovnu Jihlava (kapacita 1900 tun odpadu ročně). Obě spalovny nebezpečného odpadu spalují především odpad ze zdravotnických zařízení, ale také odpadní oleje a průmyslové odpady.

Druhým přijatým druhem odpadu s obsahem perzistentních organických polutantů je odpad z čištění plynu obsahující nebezpečné látky (10 02 07), který pocházel z odprášení železáren v Hrádku. V tabulce 14 jsou k jednotlivým původcům odpadu přijatého do zájmového zařízení v letech 2014, 2015 a 2016 uvedena katalogová čísla, hmotnost přijatého odpadu a koncentrace perzistentních organických polutantů.

Tabulka 14: Data o původcích, katalogových číslech, hmotnosti a obsahu perzistentních organických polutantů v odpadech přijatých v letech 2014 až 2016 do zařízení k využívání odpadů Hůrka. Značka MD znamená chybějící data. Data o obsahu perzistentních organických polutantů pocházejí z protokolů o chemických zkouškách poskytnutých Krajským úřadem Jihočeského kraje a Českou inspekcí životního prostředí.

Rok	Původce	Katalogové číslo odpadu	Hmotnost odpadu [t]	PCDD/F [ng I-TEQ/kg sušiny]		Σ 3 TeCB [mg/kg sušiny]	PeCB [mg/kg sušiny]	HCB [mg/kg sušiny]	Σ 4 HCH [mg/kg sušiny]	Σ 6 PCB [mg/kg sušiny]	HCBD [mg/kg sušiny]
				Min	Max						
2014	Spalovna Jihlava	19 01 07	26,61	32 000	32 000	1,53	0,624	0,117	< 0,04	< 0,12	< 0,01
	Spalovna Strakonice	19 01 07	53,7	20 000	20 000	1,29	0,49	0,0704	< 0,04	< 0,12	< 0,01
	SAKO Brno	19 01 07	7139,87	408	415	MD	MD	MD	MD	0,000936	MD
	ZEVO Malešice	19 01 07	3871	2200	2200	MD	MD	MD	MD	0,018	MD
	Železářny Hrádek	10 02 07	1170,58	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
2015	Spalovna Jihlava	19 01 07	23,77	36 000	36 000	MD	MD	MD	MD	MD	MD
	Spalovna Strakonice	19 01 07	46,46	100 000	100 000	MD	MD	MD	MD	MD	MD
	SAKO Brno	19 01 07	6884,58	493	504	MD	MD	MD	MD	0,00226	MD
				517	517	< 0,03	< 0,01	< 0,005	< 0,04	< 0,12	< 0,01
	ZEVO Malešice	19 01 07	2985,08	324	324	MD	MD	MD	MD	MD	MD
528				528	MD	MD	MD	MD	MD	MD	
Železářny Hrádek	10 02 07	1342,48	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	
2016	Spalovna Jihlava	19 01 07	14,64	15 000	15 000	MD	MD	MD	MD	MD	MD
	Spalovna Strakonice	19 01 07	12,88	99 000	99 000	MD	MD	MD	MD	MD	MD
	SAKO Brno	19 01 07	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
	ZEVO Malešice	19 01 07	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
	Železářny Hrádek	10 02 07	MD	3763	3763	MD	MD	MD	MD	0,318	MD

O tom, že jsou právě tyto druhy odpadů problematické, svědčí také německý projekt, který se pokusil provést komplexní inventuru emisí PCDD/F z průmyslových a neprůmyslových zdrojů v letech 1990 až 1995 na území Norska, Švýcarska a patnácti tehdejších států Evropské unie. Dospěl k závěru, že největším zdrojem PCDD/F v celoevropském měřítku je právě spalování komunálního odpadu, které bylo těsně následováno tavením železa. [29]

Přestože v posledních třech desetiletích došlo ke snížení obsahu PCDD/F v pevných zbytcích ze spalování odpadu [30] zůstala přítomnost PCDD/F v těchto odpadech stále předmětem mezinárodní diskuse. V tabulce 15 je uvedena koncentrace PCDD/F v pevných odpadech z čištění odpadních plynů ve spalovnách komunálního nebo nebezpečného odpadu ze světa, kde je také patrný zmíněný pokles obsahu PCDD/F. V posledních patnácti letech se koncentrace PCDD/F

v popílcích z čištění odpadních plynů ve spalovnách komunálního odpadu pohybují zhruba v rozmezí 100 – 11 000 ng I-TEQ/kg. Hodnoty PCDD/F v popílcích ze spaloven komunálního odpadu, které jsou dodávány do zájmového zařízení z tohoto rozmezí nijak nevybočují a jsou spíše při jeho spodní hranici. V popílcích z čištění odpadních plynů ze spaloven komunálního odpadu (ZEVO Malešice a SAKO Brno) byly v období let 2014 – 2016 dle protokolů poskytnutých Krajským úřadem Jihočeského kraje a Českou inspekcí životního prostředí zjištěny koncentrace PCDD/F v rozmezí 324 – 2200 ng I-TEQ/kg.

Tabulka 15: Koncentrace PCDD/F v pevných odpadech z čištění odpadních plynů ve spalovnách komunálního nebo nebezpečného odpadu ze světa.

Země	Rok publikace	Typ a počet vzorkovaných spaloven	Rozsah PCDD/F [ng I-TEQ/kg] není-li uvedeno jinak	Průměr PCDD/F [ng I-TEQ/kg] není-li uvedeno jinak	Zdroj
Německo	1991	11 spaloven komunálního odpadu	1000 – 28 000	4000	[31]
Dánsko	1997	19 vzorků ze spaloven komunálního odpadu	100 – 3800	1600	[32]
Jižní Korea	1999	11 spaloven komunálního odpadu	130 – 21 000	-	[33]
Španělsko	2001	6 spaloven komunálního odpadu	-	100 - 2400 ²	[34]
Japonsko	2001	3 spalovny komunálního odpadu	1500 – 6700	-	[35]
Švédsko	2001	Spalovna komunálního odpadu Renova	1300 – 3800	-	[36]
Velká Británie	2002	11 spaloven komunálního odpadu	330 – 5800	-	[37]
Italy	2002	Spalovna komunálního odpadu	-	193,8 ³	[38]
Evropa, Asie	2001 - 2004	47 spaloven komunálního odpadu	100 - 9400		[30]
Čína	2004	Spalovna komunálního odpadu v Šanghaji	970 – 1500	-	[39]
Jižní Korea	2005	3 spalovny komunálního odpadu	244 – 24 786	-	[40]
Čína	2007	Spalovna komunálního odpadu Harbin	-	798,2	[41]
Čína	2008	5 spaloven	137,8 – 2680	-	[42]

² Rozsah průměrů udaný pro šest spaloven z celkem 50 měření.

³ Koncentrace v popílku z tkaninového filtru, ovšem spalovna produkuje i kaly z mokré vypírky spalin s koncentrací 604 ng I-TEQ/kg.

		komunálního odpadu			
Česká republika	2008 - 2010	Spalovna komunálního odpadu Liberec	1000 – 11 000 ⁴	-	[43] [44]
Taj-wan	2011	16 spaloven komunálního odpadu	781 – 2866	1870	[45]
Čína	2013	15 spaloven komunálního odpadu	34 – 2500 [ng WHO-TEQ/kg pro PCDD/F a DL PCB]	-	[46]
Dánsko a Grónsko	2016	3 spalovny komunálního odpadu	180 – 2 010	-	[47]
Čína	2007	3 spalovny zdravotnických odpadů	9547 – 15 619	12 179	[48]
Čína	2008	Spalovna zdravotnických odpadů	20 397	-	[42]
Kolumbie	2009	Spalovna nebezpečného odpadu v Medellín	181 535,8 [ng/ WHO-TEQ/kg]	-	[49]

Spalovny nebezpečného odpadu produkují odpady z čištění spalin s výrazně vyšší koncentrací PCDD/F. V popílcích z čištění odpadních plynů ze spaloven nebezpečného odpadu (Spalovny Strakonice a Jihlava) byly v období let 2014 – 2016 zjištěny koncentrace PCDD/F v rozmezí 15 000 – 100 000 ng I-TEQ/kg, což několikanásobně převyšuje hodnoty u spaloven komunálního odpadu. Také tyto hodnoty rámcově korespondují s hodnotami obsahu PCDD/F v popílcích z čištění odpadních plynů ze spaloven nebezpečného odpadu jinde ve světě (tabulka 15).

Protože Česká republika patří mezi země, které ratifikovaly Stockholmskou úmluvu, zařízení pro využívání odpadu v Hůrce by nemělo zpracovávat odpady s obsahem PCDD/F vyšším než je tzv. „nízký obsah perzistentních organických polutantů“ dle článku 6 Stockholmské úmluvy. Tato limitní hodnota je také zakotvena v příloze IV Nařízení EP a Rady č. 850/2004, ze dne 29. dubna 2004 o perzistentních organických znečišťujících látkách a o změně směrnice 79/117/EHS. V případě PCDD/F se jedná o odpady s koncentrací přesahující 15 000 ng WHO-TEQ/kg. Tato koncentrace je mezinárodními úmluvami stanovena prozatímně s možností dalšího zpřísnění v budoucnosti. Odpady přesahující „nízký obsah“ PCDD/F stanovený Stockholmskou úmluvou mohou být využívány pouze „takovým způsobem, aby bylo zajištěno, že dojde k rozkladu nebo nevratné přeměně obsahu perzistentních organických polutantů“. Do zájmového zařízení byly přijímány odpady překračující „nízký obsah“ PCDD/F ze spaloven nebezpečného odpadu Jihlava a Strakonice do května 2016.

Společnost se odvolávala na skutečnost, že v zařízení dochází ke zpracování odpadů jedním ze způsobů spadajících do kategorie fyzikálně-chemického zpracování, které jsou pro tyto odpady umožněny dle části 1 přílohy V k Nařízení EP a Rady č. 850/2004, ze dne 29. dubna 2004 o perzistentních organických znečišťujících látkách a o změně směrnice 79/117/EHS. V zájmovém

⁴ Šyc et al. [43] uvádějí pro popílek z elektrostatického filtru, kterého je podstatně více, hodnoty do 1000 ng I-TEQ/g a 1000 – 10 000 ng I-TEQ/g pro popílek z katalytického filtru. Předchozí studie stejných autorů [44] uvádí až 11 000 ng I-TEQ/g pro popílek z katalytického filtru.

zařízení je přitom provozován proces stabilizace. Při tomto procesu se využívají sloučeniny, které chemicky nebo fyzikálně naváží nebezpečné sloučeniny přítomné v odpadu a sníží tím rozpustnost kontaminantů. Tento proces je nevhodný z hlediska nárůstu celkového objemu odpadu. [50] Protože při stabilizaci dochází pouze ke snížení vyluhovatelnosti těžkých kovů⁵ a snížení koncentrace kontaminantů smícháním s dalšími materiály, nelze tento proces považovat za nevratnou přeměnu obsahu perzistentních organických polutantů. Proces navíc není na seznamu technologií určených k nakládání s odpady s obsahem dioxinů podle technických dokumentů Basilejské úmluvy [51].

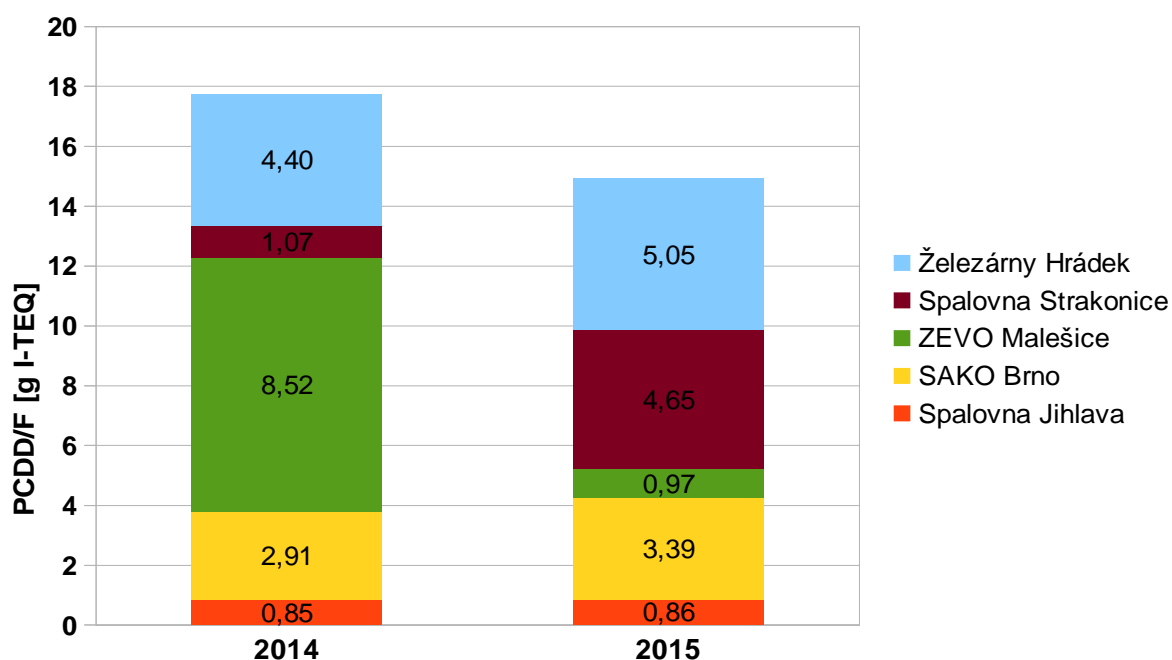
Samotný produkt - certifikovaný výrobek – je následně používán jako výplňová vrstva při sanaci a rekultivaci odkališť z loužení uranových rud v oblasti Mydlovary. Podle zpracovaného posudku z října 2004 vyplývá, že množství nabízených sanačních materiálů převyšuje jejich potřebu a to ve variantách doby sanace 20 i 15 let. Cena tohoto materiálu (bez dopravy) se nacházela v rozmezí 10 až 70 Kč za tunu. Pro volbu využití certifikovaného výrobku ze zájmového zařízení k sanacím odkališť v Mydlovarech byla zjevně rozhodující především jeho nízká pořizovací cena a nízké náklady na dopravu, které jsou dány především blízkou vzdáleností zájmového zařízení od rekultivovaných odkališť v Mydlovarech. [52] S tím kontrastuje především fakt, že jsou do zájmového zařízení svázeny odpady s obsahem PCDD/F a dalších perzistentních organických polutantů z pěti krajů České republiky.

5.6 Bilance vstupu a výstupu perzistentních organických polutantů

Na základě dat o množství odpadů vstupujících do zařízení, o množství produktů vystupujících ze zařízení a koncentracích perzistentních organických polutantů v nich obsažených byla spočtena bilance vstupů a výstupů kontaminantů v letech 2014 a 2015. V grafu 5 jsou znázorněny odhady množství PCDD/F, které do zájmového zařízení vstoupily spolu s odpadem dle původce v jednotlivých letech. Obdobné odhady vyjádřené v procentech pro jednotlivé roky a pro průměr za oba roky jsou uvedeny v tabulce 16. Meziročně celkové odhadované množství PCDD/F vstupující do zájmového zařízení mírně kleslo, ale procentuální podíl jednotlivých původců odpadu se meziročně výrazně změnil pouze u ZEVO Malešice a Spalovny Strakonice. Pro ZEVO Malešice klesl procentuální podíl zhruba sedminásobně a pro Spalovnu Strakonice stoupl zhruba šestinásobně. Meziroční změna v odhadovaném množství vstupujícího PCDD/F ze Spalovny Strakonice byla způsobena odlišným obsahem PCDD/F v odpadu, protože hmotnost přijatého odpadu se příliš nezměnila. Naproti tomu meziroční pokles v odhadovaném množství vstupujícího PCDD/F ze ZEVO Malešice byla částečně způsobena také poklesem hmotnosti přijatého odpadu. Z dat dále vyplývá, že v průměru za oba roky vstupuje do zájmového zařízení zhruba jedna třetina odhadovaného množství PCDD/F ze železáren Hrádek, zhruba čtvrtina ze spaloven nebezpečného odpadu (Strakonice a Jihlava) a okolo 45 % ze spaloven komunálního odpadu (ZEVO Malešice a SAKO Brno).

⁵ Snížení vyluhovatelnosti perzistentních organických polutantů nebylo u materiálu vycházejícího z tohoto procesu zkoumáno.

Graf 5: Odhadované množství PCDD/F vstupujících do zařízení k využívání odpadů Hůrka v odpadu od různých původců v letech 2014 a 2015.



Tabulka 16: Odhad podílu jednotlivých původců na celkové sumě I-TEQ PCDD/F vstupující v odpadu do zařízení pro využívání odpadů Hůrka v letech 2014 a 2015.

	2014	2015	Průměr
Spalovna Jihlava [%]	4,8	5,7	5,25
SAKO Brno [%]	16,4	22,8	19,6
ZEVO Malešice [%]	48,0	6,5	27,25
Spalovna Strakonice [%]	6,0	31,2	18,6
Železářny Hrádek [%]	24,8	33,9	29,35

Odhady ročního množství perzistentních organických polutantů (TeCB, PeCB, HCB, HCH, PCB a HCBd) vstupujících do zařízení pro využívání odpadu jsou uvedeny v tabulce 17 pro jednotlivé roky a pro jejich součet. Z důvodu chybějících dat pro celou řadu přijímaných odpadů lze vnímat uvedené odhady spíše jako minimální hranici jejich skutečného množství, které bylo do zařízení s odpadem přijato.

Tabulka 17: Odhad ročního množství perzistentních organických polutantů vstupujících v odpadu do zařízení pro využívání odpadu Hůrka v letech 2014 a 2015.

	Σ 3 TeCB ¹⁾	PeCB	HCB	Σ 4 HCH ²⁾	Σ 6 I-PCB ³⁾	HCBd
2014 [g]	109,99	42,92	34,38	0,00	457,39	0,00
2015 [g]	96,30	37,60	27,25	0,00	504,46	0,00
Celkem [g]	245,30	95,96	64,24	0,00	963,40	0,00

¹⁾ Označením Σ 3 TeCB je myšlena suma tří izomerů tetrachlorbenzenu (1,2,3,4-TeCB, 1,2,3,5-TeCB, 1,2,4,5-TeCB)

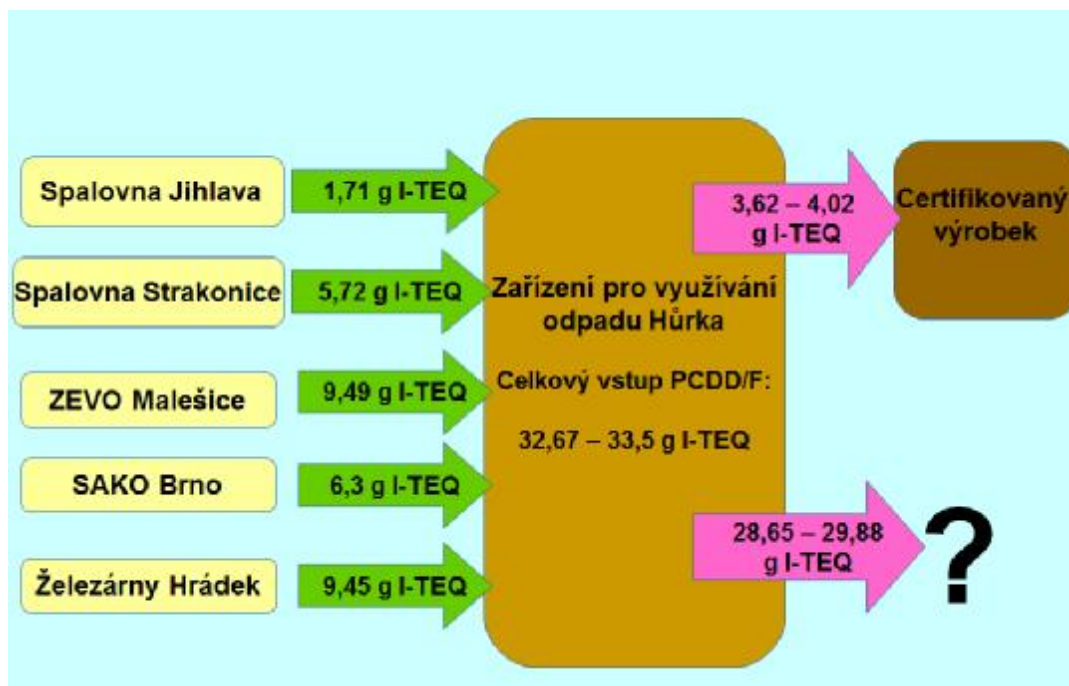
²⁾ Označením Σ 4 HCH je myšlena suma čtyř izomerů hexachlorcyklohexanu (α , β , γ , δ)

³⁾ Označením Σ 6 PCB je myšlena suma šesti kongenerů PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180)

Celkové odhadované množství PCDD/F vstupující do zájmového zařízení s odpadem bylo 17,76 – 17,81 g I-TEQ za rok 2014 a 14,91 – 15,69 g I-TEQ za rok 2015. Zjištění je ve shodě s odhadem, který provedl spolek Arnika v roce 2004, že do zájmového zařízení vstoupilo v roce 2003 mezi 1,5 až 27 g I-TEQ PCDD/F [53]. Současný výpočet tento odhad výrazně zpřesňuje. Za celé dvouleté období bylo odhadované množství vstupu PCDD/F do zařízení celkem 32,67 – 33,5 g I-TEQ, což je minimálně osmkrát více než kolik dle odhadu ze zařízení za stejné období vystupuje s certifikovaným výrobkem. Odhadované množství PCDD/F vystupující ze zařízení s certifikovaným výrobkem bylo 3,62 – 4,02 g I-TEQ v součtu za oba sledované roky. Osud zbývajících 28,65 – 29,88 g I-TEQ PCDD/F není jasný, protože technologie provozovaná v zařízení není založena na destrukci perzistentních organických polutantů a PCDD/F mají poločas rozpadu v řádech desetiletí.

Pokud by bylo celkové odhadované množství PCDD/F vstupujícího do zájmového zařízení zachováno a vystupovalo by po naředění dalšími materiály dokonale promícháno v produktu, očekávaná koncentrace PCDD/F v certifikovaném výrobku by byla v průměru za oba roky 178,42 ng I-TEQ/kg. Naměřené koncentrace PCDD/F v certifikovaném výrobku však byly v průměru 18,94 – 21,08 ng I-TEQ/kg. Bilance vstupů a výstupů PCDD/F do a ze zájmového zařízení za roky 2014 a 2015 je znázorněna na obrázku 4. Další data o vstupech a výstupech ze zájmového zařízení jsou uvedena v tabulce 18. Část rozdílu mezi vstupem a výstupem PCDD/F ze zájmového zařízení lze přičíst nepřesnostem při odhadu, únikům PCDD/F do okolního prostředí, dokončení výroby v následujícím roce nebo alternativním využitím části kontaminovaného odpadu. Takto zásadní rozdíl však vyžaduje věnovat větší pozornost procesům a dějům uvnitř zařízení, která tímto způsobem nakládají s odpady. Například pravidelným a častějším měřením koncentrace PCDD/F a dalších kontaminantů v přijímaných odpadech a vystupujících produktech by bylo možné kalkulace výrazně zpřesnit.

Obrázek 4: Bilance vstupů a výstupů PCDD/F s odpadem a produktem do a ze zařízení k využívání odpadů Hůrka za dvouleté období 2014 až 2015.



Tabulka 18: Odhadovaná bilance toku materiálů (odpadů/produktů) a toku PCDD/F z a do zařízení pro využívání odpadů Hůrka v letech 2014 a 2015.

	2014	2015	Celkem
Vstupy – odpady a technologická voda celkem [t]	101600	120604	222204
Vstupy – popílek ze spalovny 19 01 07 [t]	11091,18	9939,89	21031,07
Vstupy – prach ze železáren 10 02 07 [t]	1170,58	1342,48	2513,06
Podíl hmotnosti popílků ze spaloven (19 01 07) na celkovém vstupu odpadů [%]	10,92	8,24	9,58*
Podíl hmotnosti prachu ze železáren (10 02 07) na celkovém vstupu odpadů [%]	1,15	1,11	1,13*
Minimální odhadované množství vstupujících PCDD/F [g I-TEQ]	17,76	14,91	32,67
Maximální odhadované množství vstupujících PCDD/F [g I-TEQ]	17,81	15,69	33,5
Očekávaná koncentrace PCDD/F ve výstupu [ng I-TEQ/kg sušiny]	200,86	155,99	178,42*
Minimální odhadované množství PCDD/F ve vstupu bez spaloven Jihlava a Strakonice [g I-TEQ]	15,83	9,41	25,24
Očekávaná koncentrace PCDD/F ve výstupu bez spaloven Jihlava a Strakonice [ng I-TEQ/kg sušiny]	179,03	98,45	138,74*
Výstupy – certifikovaný výrobek [t]	88421	95584	184005
Minimální odhadované množství vystupujících PCDD/F v certifikovaném výrobku [g I-TEQ]	-	-	3,62
Maximální odhadované množství vystupujících PCDD/F v certifikovaném výrobku [g I-TEQ]	-	-	4,02
Průměrná minimální koncentrace PCDD/F v certifikovaném výrobku [ng I-TEQ/kg sušiny]	16,38	21,5	18,94*
Průměrná maximální koncentrace PCDD/F v certifikovaném výrobku [ng I-TEQ/kg sušiny]	18,75	23,4	21,08*

* pro označené hodnoty byl za oba uvedené roky vypočten průměr nikoliv součet

Krajský úřad Jihočeského kraje vydal na základě přezkumu integrovaného povolení o integrované prevenci a omezování znečištění (IPPC) v únoru 2017 rozhodnutí o změně integrovaného povolení, na základě kterého jsou ze seznamu odpadů přijímaných do zájmového zařízení k využití odpadů vyjmuty odpady, které vznikají spalováním nebezpečného odpadu. Jedná se o pevné odpady z čištění odpadních plynů (katalogové číslo 19 01 07), popílky obsahující nebezpečné látky (19 01 13) a kotelní prach obsahující nebezpečné látky (19 01 15), které pocházejí ze spaloven nebezpečného odpadu. [54] Zavedené opatření se ovšem nevztahuje na popílek z čištění odpadních plynů ze spaloven komunálního odpadu ani na tuhý odpad z odprašování železáren, které obsahují také PCDD/F a další perzistentní organické polutanty. Stejně opatření bylo v zájmovém zařízení zavedeno již v květnu 2016 samotným provozovatelem.

Zavedené opatření v rámci integrované prevence a omezení znečištění neřeší celkovou situaci se vstupem PCDD/F do zájmového zařízení. Podle dat v tabulce 16 se spalovny nebezpečného odpadu (Jihlava a Strakonice) podílejí na celkovém odhadovaném množství PCDD/F vstupujícím do zařízení pouze z méně než 25 %. V absolutních hodnotách to znamená, že za roky 2014 a 2015 by do zájmového zařízení vstoupilo 25,24 g I-TEQ PCDD/F namísto reálných 32,67 g I-TEQ PCDD/F.

6. Závěr

Byly analyzovány tři vzorky sedimentů v okolí zařízení na využívání odpadů Hůrka s cílem prověřit výskyt kontaminace a dále ověřit možnost úniku kontaminace z předmětného zařízení. Škála sledovaných chemických látek zahrnovala PCB, PCDD/F, PAH a kovové prvky. Z výsledků vyplývá, že sedimenty v okolí zájmového zařízení jsou znečištěny téměř všemi sledovanými látkami, z nichž některé překračují legislativní limity, a že zdrojem kontaminace je s největší pravděpodobností zařízení pro využívání odpadu Hůrka.

Ze srovnání naměřených koncentrací kontaminantů s referenčními lokalitami a průměrnými koncentracemi z řady různých lokalit vyplynulo, že se v zájmové lokalitě nacházejí mnohonásobně vyšší koncentrace PCB, PCDD/F, PAH a kovových prvků. U PCDD/F se jednalo řádově o deseti- až stonásobně vyšší koncentrace nad běžnými hodnotami. Naměřené koncentrace PCB a PAH v odebraných vzorcích byly srovnatelné s hodnotami z vysoce zatížených lokalit, kterými jsou pro PCB sedimenty Labe a Bíliny v Ústí nad Labem a pro PAH sedimenty Černého potoka v Ostravě. Při srovnání naměřených koncentrací kontaminantů s legislativními kritérii bylo zjištěno, že koncentrace látek ze skupiny PAH a PCDD/F, arsenu, olova a antimonu překračují na minimálně jednom odběrovém místě indikátory znečištění zemin pro ostatní plochy. Pouze naměřené koncentrace PCB splňovaly na všech lokalitách indikátory znečištění zemin. Z hlediska vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, koncentrace kontaminantů v některých vzorcích sedimentů nesplňují požadavky, které jsou kladeny na potenciální využití produktů, které jsou v zájmovém zařízení vyráběny.

Zařízení pro využívání odpadů Hůrka zpracovává odpady, které sledované kontaminanty obsahují. Ze zájmového zařízení může docházet a minimálně někdy také docházelo k únikům skladovaných materiálů. Výskyt kontaminantů na jednotlivých odběrových místech naznačuje odnos materiálu směrem od zájmového zařízení. V okolí lokality není znám žádný jiný potenciální zdroj sledovaných kontaminantů. Z těchto důvodů lze učinit závěr, že původce zjištěných kontaminantů v odebraných vzorcích sedimentů je s největší pravděpodobností zařízení na využívání odpadů Hůrka. Tento závěr je ve shodě s předchozími výsledky spolku Arnika z let 2009, 2010, 2012 a 2014, které byly uvedeny ve studii nazvané „Znečištění POPs v okolí provozu Quail spol. s.r.o., Hůrka u Temelína“.

Do zařízení pro využívání odpadu Hůrka byly dle evidence v letech 2014 a 2015 přijaty dva druhy odpadů s obsahem perzistentních organických polutantů: 1) pevný odpad z čištění odpadních plynů, který byl do zařízení dodán ze dvou spaloven komunálního odpadu a dvou spaloven nebezpečného odpadu a 2) odpad z čištění plynu obsahující nebezpečné látky pocházející z odprášení železáren. V popílcích z čištění odpadních plynů ze spaloven komunálního odpadu byly zjištěny koncentrace PCDD/F v rozmezí 324 – 2200 ng I-TEQ/kg. Pro popílků ze spaloven nebezpečného odpadu byly koncentrace PCDD/F v rozmezí 15 000 – 100 000 ng I-TEQ/kg. Do zájmového zařízení tak byly přijímány odpady překračující „nízký obsah“ PCDD/F dle článku 6 Stockholmské úmluvy, a to až do května 2016, kdy toho společnost provozující zájmové zařízení zanechala.

Za období let 2014 a 2015 bylo odhadované množství vstupu PCDD/F do zařízení celkem 32,67 – 33,5 g I-TEQ. Odhadované množství PCDD/F vystupující v součtu ze zájmového zařízení s certifikovaným výrobkem bylo za oba sledované roky 3,62 – 4,02 g I-TEQ. Celkový odhadovaný vstup PCDD/F byl osmkrát větší než kolik byl ve stejném období odhadovaný výstup v certifikovaném výrobku. Osud zbývajících 28,65 – 29,88 g I-TEQ PCDD/F za dva roky není jasný.

V únoru 2017 Krajský úřad Jihočeského kraje na základě zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, vydal rozhodnutí o změně integrovaného povolení, kterým ze seznamu odpadů přijímaných do zájmového zařízení vyjmul odpady, které vznikají spalováním nebezpečného odpadu. Podle výpočtů se ale spalovny nebezpečného odpadu podílely na celkovém odhadovaném množství PCDD/F vstupujícím do zařízení pouze z méně než 25 %.

Ze závěrů vyplývá, že zařízení pro využívání odpadů Hůrka by mělo přijmout nezbytná opatření k zamezení další kontaminace okolí. Předně by bylo vhodné provést opatření proti odnosu prachových částic z areálu, což je již součástí změny integrovaného povolení zájmového zařízení. Dále by bylo vhodné v zařízení ukončit zpracování odpadů, které obsahují vyšší koncentrace perzistentních organických polutantů, a to nad rámec platné legislativy a platného integrovaného povolení. Odpady s vyššími koncentracemi perzistentních organických polutantů by bylo vhodnější spíše likvidovat nespalovacími technologiemi pro jejich úplnou destrukci. [51] [55] [56] [57]

7. Literatura

- [1] Van der Oost R., Opperhuizen A., Satumalay K., Heida H., Vermeulen N.P.E. (1996): Biomonitoring aquatic pollution with feral eel (*Anguilla anguilla*) I. Bioaccumulation: biota-sediment ratios of PCBs, OCPs, PCDDs and PCDFs. *Aquatic Toxicology* 35: 21-46.
- [2] Meador J.P., Stein J.E., Reichert W.L., Varanasi U. (1995): Bioaccumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Marine Organisms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 143: 79-165.
- [3] Luoma S.N., Rainbow P.S. (2005): Why Is Metal Bioaccumulation So Variable? *Biodynamics as a Unifying Concept. Environmental Science and Technology* 39: 1921-1931.
- [4] Leonards P., Hattum B., Leslie H. (2009): Assessing the risks of persistent organic pollutants to top predators: A review of approaches. *Integrated Environmental Assessment and Management* 4 (4): 386–398.
- [5] Figueiredo K., Mäenpää K., Leppänen M.T., Kiljunen M., Lyytikäinen M., Kukkonen J.V.K., Hannu Koponen H., Biasi C., Martikainen P.J. (2014): Trophic transfer of polychlorinated biphenyls (PCB) in a boreal lake ecosystem: Testing of bioaccumulation models. *Science of the Total Environment* 466–467: 690–698.
- [6] Storelli M.M., Zizzo N. (2015): Occurrence of organochlorine contaminants (PCBs, PCDDs and PCDFs) and pathologic findings in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the Adriatic Sea (Mediterranean Sea). *Science of The Total Environment* 472: 885-861.
- [7] Yasuhara A., Katami T., Shibamoto T. (2014): Evidence of PCDD/Fs and PCBs Contamination in Trees Grown in Forests Far from Their Production and Contamination-Free Areas. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 93: 365–369.
- [8] Murtomaa-Hautala M., Viluksela M., Ruokojärvi P., Rautio A. (2015): Temporal trends in the levels of polychlorinated dioxins, -furans, -biphenyls and polybrominated diethyl ethers in bank voles in Northern Finland. *Science of the Total Environment* 526: 70-76.
- [9] Morales L., Dachs J., González-Gaya B., Hernán G., Ábalos M., Abad E. (2014): Background Concentrations of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins, Dibenzofurans, and Biphenyls in the Global Oceanic Atmosphere. *Environmental Science and Technology* 48 (17): 10198–10207
- [10] Ares J. (1994): Long range long term transport and decay of PAHs in a semiarid coastal area of Argentina. *Toxicological & Environmental Chemistry* 41: 109-123.
- [11] Mukwaturi M., Lin C. (2015): Mobilization of heavy metals from urban contaminated soils under water inundation conditions. *Journal of Hazardous Materials* 285: 445–452.

- [12] Quinete N., Schettgen T., Bertram J., Kraus T. (2014): Occurrence and distribution of PCB metabolites in blood and their potential health effects in humans: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 21: 11951–11972.
- [13] Gore A.C., Chappell V.A., Fenton S.E., J. Flaws J.A., Nadal A., Prins G.S., Toppari J., Zoeller R.T. (2015): Executive Summary to EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals. *Endocrine Reviews* 36.
- [14] Kim K. H., Jahan S. A., Kabir E., Brown R. J. C. (2013): A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. *Environment International* 60: 71–80.
- [15] The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs). Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.
- [16] Astrup T. (2008): Management of APC Residues from W-t-E Plants - An overview of management options and treatment methods Second edition, October 2008.
- [17] Wang M.-S., Wang L.-C., Chang-Chien G.-P. (2006): Distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the landfill site for solidified monoliths of fly ash. *Journal of Hazardous Materials* 133(1-3): 177-182.
- [18] Rozhodnutí o žádosti o vydání integrovaného povolení ze dne 25.10.2007. Odbor životního prostředí, zemědělství a lesnictví Jihočeského kraje.
- [19] Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Haws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N., Peterson R.E. (2006): The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. *Toxicological Sciences* 93(2): 223–241.
- [20] Kutz F.W., Barnes D.G., Bottimore D.P., Greim H., Bretthauer E.W. (1990): The international toxicity equivalency factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds. *Chemosphere* 20: 751-757.
- [21] Holoubek I., Klánová J., Jarkovský J., Kubík V., Helešic J. (2007): Trends in background levels of persistent organic pollutants at Kosetice observatory, Czech Republic. Part II. *Journal of Environmental Monitoring* 9: 564-571.
- [22] Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně (2015): Kontrola a monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích. Zpráva za rok 2014, pp 89.
- [23] Mach V., Petrlík J. (2016): Znečištění vodních toků perzistentními organickými polutanty ve vybraných zájmových oblastech. Spolek Arnika – Program toxické látky a odpady, pp 30.
- [24] Holoubek I., Čupr P., Kužilek V., Rieder M., Klánová J., Jech L., Ocelka T., Škarek M. (2003): Spatial and temporal trends in POPs sediment contamination in the Czech Republic, *Organohalogen Compounds* 62:101-103.
- [25] Národní implementační plán Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech, který byl vzat na vědomí vládou dne 7. prosince 2005 usnesením č. 1572.
- [26] Metodický pokyn MŽP: Indikátory znečištění 2013, Příloha 1: Přehled hodnot indikátorů znečištění zemin, půdního vzduchu a podzemní vody.
- [27] Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- [28] Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně (nedatováno): kartogram Obsahy rizikových prvků v zemědělských půdách České republiky – As. Dostupné z: [<http://eagri.cz/public/web/file/288300/cdus13as.jpg>]
- [29] Quaß U., Fermann M.W., Bröker G. (2000): Steps towards a European dioxin emission inventory. *Chemosphere* 40: 1125-1129.
- [30] Vehlow J., Bergfeldt B., Hunsinger H. (2006): PCDD/F and related compounds in solid residues from municipal solid waste incineration – a literature review. *Waste Management Research* 24: 404–420.

- [31] Johnke B., Stelzner E. (1992): Results of the German dioxin measurement programme at MSW incinerators. *Waste Management & Research* 10: 345-355.
- [32] Danish Environmental Protection Agency (1997): Dioxins - sources, levels and exposures in Denmark, p 94.
- [33] Shin K.J., Chang Y.S. (1999): Characterization of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, biphenyls, and heavy metals in fly ash produced from Korean municipal solid waste incinerators. *Chemosphere* 38: 2655-2666.
- [34] Fabrellas B., Sanz P., Abad E., Rivera J. (2001): The Spanish dioxin inventory Part I: incineration as municipal waste management system. *Chemosphere* 43: 683-688.
- [35] Japan Synchrotron Radiation Research Institute (2001): Direct speciation of copper, lead, antimony, zinc and chromium in municipal solid waste incinerator fly ash by X-ray absorption fine structure spectroscopy. In: *Spring-8 Research Frontiers 2000–2001*.
- [36] Redin L.A., Hjelt M., Marklund S. (2001): Co-combustion of shredder residues and municipal solid waste in a Swedish municipal solid waste incinerator. *Waste Management Research* 19: 518–525.
- [37] Environment Agency (2002): *Solid Residues from Municipal Waste Incinerators in England and Wales*, p 72.
- [38] Giugliano M., Cernuschi S., Grosso M., Miglio R., Aloigi E. (2002): PCDD/F mass balance in the flue gas cleaning units of a MSW incineration plant. *Chemosphere* 46: 1321–1328.
- [39] He P.J., Zhang H., Zhang C.G., Lee D.J. (2004): Characteristics of air pollution control residues of MSW incineration plant in Shanghai. *Journal of Hazardous Materials B116*: 229–237.
- [40] Kim K.-H., Seo Y.-C., Nam H., Jung H.-T., You J.-C., Kim D.-J., Seo Y.-C. (2005): Characteristics of major dioxin/furan congeners in melted slag of ash from municipal solid waste incinerators. *Microchemical Journal* 80(2): 171-181.
- [41] Bie R., Li S., Wang H. (2007): Characterization of PCDD/Fs and heavy metals from MSW incineration plant in Harbin. *Waste Management* 27: 1860–1869.
- [42] Chen T., Yan J.H., Lu S.Y., Li X.D., Gu Y.L., Dai H.F., Ni M.J., Cen K.F. (2008): Characteristic of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in fly ash from incinerators in China. *Journal of Hazardous Materials* 150: 510–514.
- [43] Šyc M., Keppert M., Pohořelý M., Novák P., Punčochář M., Fišerová E., Pekárek V. (2010): Fly ash treatment technology in modern waste incineration plant. *Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy*.
- [44] Pekárek V., Šyc M. (2008): Zhodnocení technologie zpracování popílku z katalytického filtru spalovny komunálních odpadů TERMIZO, a.s. z hlediska současně platné legislativy POP. Praha, Ústav chemických procesů AV ČR, p 20.
- [45] Chang Y.M., Fan W.P., Dai W.C., Hsi H.C., Wu C.H., Chen C.H. (2011): Characteristics of PCDD/F content in fly ash discharged from municipal solid waste incinerators. *Journal of Hazardous Materials* 192: 521-529.
- [46] Pan Y., Yang L., Zhou J., Liu J., Qian G., Ohtsuka N., Motegi M., Oh K., Hosono S. (2013): Characteristics of dioxins content in fly ash from municipal solid waste incinerators in China. *Chemosphere* 92: 765–771.
- [47] Dias-Ferreira C., Kirkelund G.M., Jensen P.E. (2016): The influence of electro-dialytic remediation on dioxin (PCDD/PCDF) levels in fly ash and air pollution control residues. *Chemosphere* 148: 380-387.
- [48] Yan J.H., Peng Z., Lu S.Y., Li X.D., Ni M.J., Cen K.F., Dai H.F. (2007): Degradation of PCDD/Fs by mechanochemical treatment of fly ash from medical waste incineration. *Journal of Hazardous Materials* 147: 652–657.

- [49] Cobo M., Gálvez A., Conesa J.A., De Correa C.M. (2009): Characterization of fly ash from a hazardous waste incinerator in Medellin, Colombia. *Journal of Hazardous Materials* 168: 1223–1232.
- [50] Lam C.H.K., Ip A.W.M., Barford J.P., McKay G. (2010): Use of Incineration MSW Ash: A Review. *Sustainability* 2: 1943-1968.
- [51] Basel Convention (2015). General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants. Technical Guidelines. Geneva.
- [52] Dokumentace EIA k záměru Likvidace uranové činnosti na CHÚ Mydlovary z května 2007.
- [53] Arnika (2004) U Mydlovar končí toxické látky ze spaloven. Tisková zpráva ze dne 23. 8. 2004.
- [54] Oznámení o ukončení přezkumu ze dne 26. 1. 2017. Odbor životního prostředí, zemědělství a lesnictví, Krajský úřad, Jihočeský kraj.
- [55] Vijgen J., McDowall R. (2009): Base Catalyzed Decomposition (BCD). Provisional POPs Technology Specification and Data Sheets for the Secretariat of the Basel Convention. IHPA. Amsterdam, IHPA.
- [56] Vijgen J., McDowall R. (2008): Gas-Phase Chemical Reduction (GPCR). Provisional POPs Technology Specification and Data Sheets for the Secretariat of the Basel Convention. IHPA. Amsterdam, IHPA.
- [57] Arnika – Toxics and Waste Programme (2016): Brief Review of Potential Technologies for Addressing the Issue of Obsolete Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and PCB Wastes in Kazakhstan. Prague – Karaganda, p 12.