

Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v sedimentech zvodnělých poklesových kotlin na Karvinsku

Mgr. Eva Pertile, Ph.D., Ing. Nezvalová Lucie, doc. Ing. Vladimír Čablík, Ph.D., prof. Ing. Peter Fečko, CSc.

Vysoká škola báňská - TU Ostrava, Fakulta Hornicko-geologická, Institut environmentálního inženýrství, eva.pertileova@vsb.cz

Přijato: 27. 1. 2010, recenzováno (2 posudky): 19. 2. 2010

Abstrakt

V rámci pilotní studie byl v roce 2008 sledován v sedimentech zvodnělých poklesových kotlin na Karvinsku obsah šesti kongenerů PAH a jejich suma. Posuzované lokality Karvinska reprezentovaly jak vodní plochu využívanou k účelům rekreačního rybolovu (Velký Loucký rybník), tak také lokalitu, která byla odkalištěm (Mokroš), nebo kde převažuje návoz hlušiny (Barbora), tedy často využívaný materiál k sanacím na tomto území. Výsledky rozborů PAH byly porovnány s jejich obsahem v ovzduší zájmové oblasti. V příspěvku je rovněž posouzen vliv imisní zátěže vybranými PAH na Karvinsku a Mostecku.

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Levels in Sediments from Water-bearing Subsidence Troughs in the Region of Karvinsko

Sediments from water-bearing subsidence troughs in the region of Karvinsko were studied in 2008 within a pilot project focused on six PAH congeners and their total amount. Different study sites in the region of Karvinsko were included such as a water body used for fishing (Velký Loucký rybník), former tailings pond (Mokroš), or a water body where mine waste, which is often used for reclamation in this region, was disposed (Barbora). PAH's levels in sediments were compared with ambient air concentrations in the studied area. Air pollution load by selected PAH's in the regions of Karvinsko and Mostecko is also assessed.

Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlewasserstoffen in Sedimenten der wasserführenden Senkungsmulden im Gebiet von Karviná

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde im 2008 in Sedimenten der wasserführenden Senkungsmulden im Gebiet von Karviná der Gehalt an sechs Kongener PAH und deren Summe überwacht. Die bewerteten Lokalitäten des Gebietes von Karviná stellten sowohl die zum Hobbyfischfang genutzte Wasserfläche als auch die Lokalität, die als Klärbecken (Mokroš) diente, oder wo überwiegend Anschüttung des Taubgutes (Barbora) ist, also des oft genutzten Materials zur Sanierung auf diesem Gelände. Die Ergebnisse der PAH-Analyse wurden mit ihrem Gehalt in der Luft im Interessengebiet verglichen. Im Beitrag ist auch die Wirkung der Immissionsbelastung durch ausgewählte PAH im Gebiet von Karviná und von Most beurteilt.

Klíčová slova: polycyklické aromatické uhlovodíky, zvodnělé poklesové kotliny, sedimenty, Karvinsko, Velký Loucký rybník, Barbora, Mokroš.

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbons, water-bearing subsidence troughs, sediments, Karvinsko, Velký Loucký rybník, Barbora, Mokroš.

1 Úvod

Karvinsko patří mezi ekologicky nejzatíženější území v České republice. Všechny složky životního prostředí jsou poznamenány více jak dvoustetletou důlní, úpravárenskou a hutní činností. Na mnoha místech zde vlivem poddolování dochází ke vzniku poklesových kotlin, které jsou zatopené vodou. Často bývají využívány také k ukládání hlušiny, případně jiných průmyslových odpadů s cílem vyrovnávání terénních depresí.

Významným faktorem ochrany přirozených zvodnělých poklesových kotlin je kvalita povrchových akumulací, které vznikají v důsledku průniku podzemních vod a jsou dotovány vodou srážkovou. Obvykle platí, že podzemní vody jsou v dané oblasti ve srovnání s povrchovými vodami podstatně méně znečištěny. Vodní akumulace vzniklé v místech poklesu terénu se vyznačují vznikem vodní a mokřadní bioty a současně se podílejí na zvyšování biologické rovnováhy daného území. Vzhledem k závažnosti problematiky vodních ploch a jejich ekologického významu v této krajině, zdevastované mnoholetou důlní činností, existují mnohé výzkumy hodnotící kvalitu povrchových vod, které jsou však zaměřeny převážně na sledování anorganických hydrochemických parametrů, faunu a floru [1-12]. Podrobnější monitorování organických látek však nebylo v této oblasti doposud realizováno.

Mezi významné indikátory antropogenního znečištění životního prostředí patří polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), které jsou vesměs poměrně málo reaktivními látkami. Jejich reaktivita je podmíněna především přítomností konjugovaných π -elektronových systémů, přičemž rozdíly mezi jednotlivými kongenery jsou dány počtem a vzájemnou polohou jejich kondenzovaných jader. Z environmentálního hlediska jsou však zajímavé zejména ty reakce, které mají vliv na jejich obsah v ovzduší či v dalších složkách životního prostředí, a to především během vlastního odběru vzorků, jejich skladování a dalšího laboratorního zpracování.

Jak uvádí Samanta a kol. [13], není zastoupení PAH v jednotlivých složkách životního prostředí rovnoměrné. Po vstupu do životního prostředí probíhá jejich distribuce a migrace, ke které dochází v ovzduší například vzdušným prouděním, v sedimentech pak podle granulometrie sedimentů, zvláště pak jílové složky. Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou proto přítomny v životním prostředí ve všech jeho fázích, a to jak ve vodě, tak i v ovzduší, půdní vzdušnině, v organické hmotě, sedimentech. Vyskytují se rovněž v huminových kyselinách v půdě a v lipidech a voscích v biotě. [13-18] Podle fyzikálně-chemických vlastností příslušného kongeneru mohou být relativně perzistentní, a tudíž v dané složce životního prostředí mohou dlouhodobě setrávat

nebo jsou distribuovány mezi jeho další složky vytěkáním či resuspendací částic. [13] Větrná a vodní eroze proto představují důležité cesty některých redistribučních mechanismů PAH v prostředí. [13,17,19] Doba setrvání jednotlivých kongenerů v různých složkách životního prostředí závisí jak na již zmíněných vlastnostech, tak také vlastnostech příslušné složky životního prostředí, na ročním období, teplotě ovzduší, rychlosti a převládajícím směru větru, sluneční radiaci, ale také na mikrobiální aktivitě. [13,18] Pro popis chování PAH ve složkách životního prostředí a kumulaci v živých organismech je potřeba znát hodnoty koeficientů K_{ow} (rozdělovací koeficient voda/oktanol) a K_{oc} (koeficient sorpce na organické hmotě). Hodnoty $\log K_{ow}$ a $\log K_{oc}$ vzrůstají s počtem benzenových jader. Například pro naftalen je publikovaná hodnota K_{ow} 3,37 a K_{oc} 2,38 – 5,00, pro benzo[ghi]perylene je publikovaná hodnota K_{ow} 6,5 a K_{oc} 6,20 – 6,26. [13]

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou velmi často dávány do souvislosti s antropogenní činností, i když mohou některé z kongenerů také vzniknout v důsledku mikrobiálních procesů. Přírodní výskyt PAH v hydrosféře je poměrně vzácný (např. prosakování ropných látek). Vody jsou tedy kontaminovány zpravidla v důsledku převážně antropogenní činnosti. Mezi významné zdroje patří např. odpadní vody, splachové vody z povrchu komunikací, tj. silnic, dálnic, železnic. Do podzemních vod pronikají PAH především v důsledku jejich vysoké schopnosti sorbovat se na pevných maticích pouze omezeně. Zpravidla se vyskytují PAH s nízkou molekulovou hmotností, které jsou ve vodě lépe rozpustné. Jedná se tedy o takové kongenery PAH, jako je pyren a fluoranthen, které jsou mnohem rozpustnější než např. anthracen, ale tyto většinou nebývají metabolizovány mikroorganismy. Naopak chrysen, benzo[a]pyren jsou ve vodě téměř nerozpustné. Rozpustnost PAH se však v reálných povrchových a jiných přírodních vodách může od tabulkových hodnot významně lišit právě vzhledem k různému obsahu solí a organických látek. Například v odpadních vodách, které obsahují množství tenzidů, se může rozpustnost některých PAH zvýšit až řádově, v mořské vodě je zase díky obsahu anorganických solí rozpustnost PAH naopak poněkud nižší.

V závislosti na své fyzikálně-chemické charakteristice a na environmentálních podmínkách se mohou PAH vypařovat z půd a vod, dispergovat ve vodním sloupci, sedimentovat nebo se koncentrovat ve vodní biotě. [20] Výraznou měrou se na rozptylu podílí difuze a konvekce. [19] Nejvýznamnějšími eliminačními procesy jsou především fotooxidace, chemická oxidace, aerobní biodegradace vodními organismy a další. V případě vodních ploch se tak stává rozhodujícím faktorem jejich hloubka, průhlednost vodní vrstvy, její teplota, obsah rozpuštěného kyslíku, specifika mikrobiálních společenstev apod. Degradace PAH ve vodním prostředí probíhá obvykle pomaleji než v atmosféře. [21]

Simonich a Hites [16] vypracovali na základě dlouhodobého výzkumu model, na kterém demonstrovali, že přibližně 54 % PAH emitovaných do atmosféry je následně deponováno v půdě a přibližně 5 % je pak vázáno ve vodním prostředí v sedimentech. Doba zdržení a poločas rozpadu jednotlivých PAH se v různých typech prostředí liší. Zatímco v ovzduší přetrvávají nanejvýš několik dní, ve vodě je to již až několik týdnů a v půdě několik měsíců. V sedimentech mohou zůstat beze změny až několik let.

V rámci naší pilotní studie byla v zájmovém území také posouzena míra imisní zátěže vybranými PAH, jmenovitě: anthracen (ANT), benzo[a]anthracen (BaA), benzo[k]fluoranthén (BkF), benzo[a]pyren (BaP), dibenzo[ah]anthracen (DBahA), benzo[ghi]perylene (BghiPRL). Pro ilustraci rozsahu znečištění dnových sedimentů jednotlivými sledovanými PAH jsou uvedeny rovněž jejich obsahy v ovzduší ve stejném období.

2 Experimentální část

Pro vlastní sledování šesti vybraných PAH v sedimentech zvolených poklesových kotlin na Karvinsku, které bylo realizováno v roce 2008, byly vybrány tři níže uvedené lokality tak, aby byly zastoupeny jednotlivé typy vodních ploch vyskytujících se v tomto území. Rozdělení studovaných vodních ploch nezahrnuje některé další vlivy ovlivňující distribuci PAH v prostředí jako například vzdálenost od potenciálních zdrojů PAH apod. Studovaný soubor lze tedy rozdělit na jednotlivé zástupce charakterizující nejčastěji se vyskytující vodní plochy:

- Velký Loucký rybník, který se nachází v dobývacím prostoru Louky Dolu ČSM o. z. (jihovýchodní část Karvinské dílčí pánve OKR). Jedná se o pozůstatek bývalé soustavy rybníků v údolní nivě řeky Olše s průměrnou hloubkou 2,6 m. Ze severovýchodní strany je dotován mělkým přítokem Mlýnský potok. Západní břeh je tvořen násypem hlusiny a slouží jako drážní těleso Bohumín – Čadca. Výška hladiny vody velmi významně kolísá. Z vodní plochy vystupovala ještě do roku 2000 pouze část původní silnice, která byla vlivem poklesů zatopena. Za dva roky, tedy v roce 2002, byla již téměř celá potopena pod hladinou vody. Přibližně od roku 2004 se začala výška hladina vody opět významně snižovat a tato bývalá komunikace začala být téměř celá průchodná s výjimkou asi 3 m. V současné době je vodní plocha využívána k rekreačnímu rybolovu. Je zde možný vliv emisí z dopravy. Odběr dnového sedimentu byl proveden ze střední části bývalé komunikace.
- Barbora spadá do dobývacího prostoru Karviná-Doly II. Představuje zbytek poměrně rozsáhlé vodní plochy v poklesové kotlině lokalizované u zadní vrátnice Dolu I. Máj - Barbora. Severní břeh a část východního i část západního břehu jsou tvořeny výhradně návozem hlusiny. Nad západním břehem vede silnice (474), jež je tvořena návozy hlusiny ze severního břehu. Vzorek dnového sedimentu byl odebrán s ohledem na dostupnost terénu v severní a východní části vodní plochy. Jedná se o neprůtočnou, sanovanou vodní plochu bez skřívky zeminy, s průměrnou hloubkou v době výzkumu cca 3 m, která však byla velmi variabilní. Nejhlubší místa vodní plochy se pohybovala kolem 4,8 m. Lokalita je bez dalšího využití, zatížena anorganickým znečištěním.
- Mokroš je vodní plocha situovaná v dobývacím prostoru Karviná-Doly II asi 300 m jihozápadně od nádrže Pilňok, po pravé straně je silnice vedoucí směrem na Havířov. Nachází se na levém břehu Soleckého potoka mezi nádrží Nový York a Solca I. V roce 1989 bylo ukončeno využití této zatopené údolnice k ukládání kalů, které se částečně vytěžily. Poté byla po minimální technické úpravě a doplnění zejména břehových porostů zahájena pětiletá bio-

logická rekultivace. Nádrž je průtočná, odvádí vody z povodí nad nádrží (stále součástí čistírenského systému). Hráz nádrže Mokroš byla v době výzkumu vysoká maximálně 14 m, dlouhá 210 m. Bezpečnostní přepad je tak dimenzován na převedení maximální stoleté vody. Přepad sdružuje i funkci vypouštěcího objektu a je založen v nehlubším místě u paty hráze. Rovněž je vybaven nornou stěnou k zamezení úniku plovoucích nečistot (případně ropných látek). Severní a východní hráze, kde byly odebrány vzorky dnových sedimentů, byla tvořena převážně hlutinou.

Pro účely zjištění imisní zátěže studované oblasti vybranými PAH byly odebrány dnové sedimenty uvedených zvodněných poklesových kotlin (březen, červen, září a listopad). V rámci lokalit byla zvolena minimálně dvě odběrová místa. Význam PAH jako indikátoru imisní zátěže dokazují také výsledky monitorování obsahu PAH v ovzduší na Karvinsku, a to také vzhledem k tomu, že PAH jsou jedním z typických organických polutantů celé ostravsko-karvinské průmyslové aglomerace (data pro emisní hodnocení za posuzované období byla poskytnuta OHS Karviná). Ze sledovaného souboru PAH byly eliminovány těžké dvou- a tří-jaderné PAH (naftalen, acenaftalen, acenaftyleen, fluoren), a to zejména vzhledem k jejich neúnosně vysokým ztrátám během analytického stanovení a velkému rozptylu výsledků chemických analýz.

Při úpravě vzorků a vlastní analýze bylo postupováno dle verifikovaných metod laboratoře Institutu environmentálního inženýrství VŠB TU-Ostrava. Analyty byly po extrakci ze sedimentu do organického rozpouštědla (aceton) a po zakoncentrování stanoveny metodou vysoce účinné kapalinové chromatografie (HPLC) s fluorescenční detekcí.

Porovnání celkového množství PAH v dnových sedimentech zájmového území s literaturou bylo obtížné, protože nebyly nalezeny adekvátní údaje. Pro orientační porovnání byl proto použit metodický pokyn Ministerstva životního prostředí, kde jsou uvedena kritéria znečištění zemin, podzemní vody a půdního vzduchu [22].

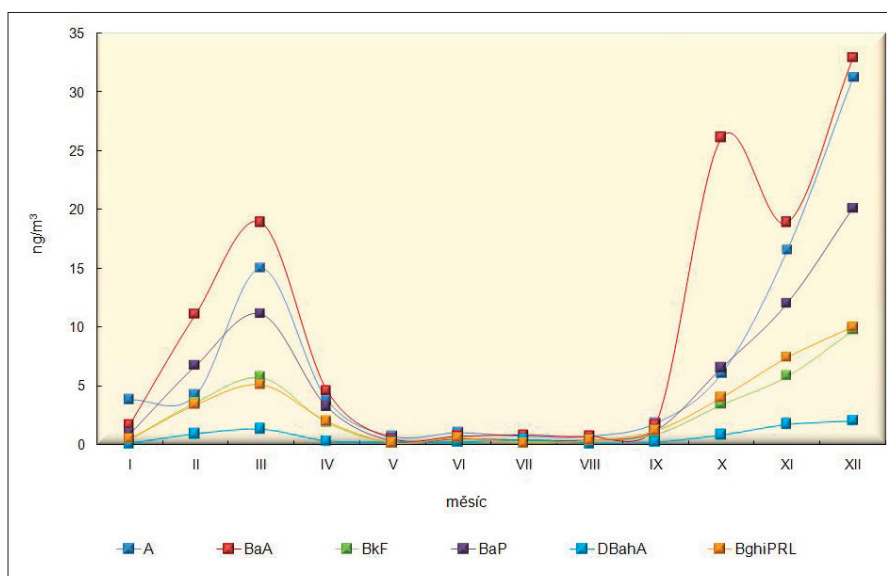
3 Výsledky a diskuse

Vzhledem k charakteristice zájmové oblasti, lze předpokládat, že hlavním transportním médiem PAH zde bude ovzduší.

Vlastní rozpustnost PAH ve vodě je mimo jiné ovlivněna také dalšími parametry a to zejména teplotou a přítomností solí. Vyšší mineralizace vod byla zjištěna v rámci dlouhodobých studií právě na lokalitách Barbora (509 mg/l) a Mokroš (469 mg/l). Občasné znečištění jinými organickými látkami (C_{10} - C_{40} , fenoly) pak bylo zjištěno na lokalitě Mokroš.

Pro ilustraci rozsahu znečištění ovzduší výše uvedených lokalit je na obrázku č. 1 graficky znázorněn vývoj imisních hodnot sledovaných kongenerů PAH v ovzduší na Karvinsku v roce 2008.

Z obrázku č. 1 je velmi dobře patrná významná sezónní závislost PAH v ovzduší zájmového území. Minimální hodnoty všech šesti sledovaných kongenerů PAH byly naměřeny v období od května do září 2008, tedy období, kdy jsou vyšší teploty ovzduší, intenzivní UV-záření a obvykle vyšší podíl např. ozonu a kdy se významně na poklesu podílejí i atmosférické srážky. V zimním období naopak přednostně dochází ke kondenzaci plyných PAH na povrchu prachových částic, a tak je zase znatelné významné zvýšení námi monitorovaných PAH. V tomto období se projevuje jak vertikální depozice prachových částic, tedy tzv. suché depozice, tak i mokré depozice horizontální (mlha, námraza, rosa) či vertikální (děšť, sněh). Tím jsou vytvořeny podmínky pro lepší přestup z ovzduší do vody, k asociaci s pevnými částicemi aerosolu a organickými podíly půdy a sedimentu. Tato skutečnost je výraznější pro PAH s vyšší molekulovou hmotností, neboť adsorpce na pevných, příp. aerosolových částicích je nepřímou úměrná parciálnímu tlaku par, který se u PAH snižuje s rostoucí molekulovou hmotností. Samostatnou otázkou zůstává, že právě v zimních měsících je i produkce PAH obvykle výrazně vyšší také díky intenzivnější průmyslové výrobě, provozu mobilních emisních zdrojů atp. Jde tudíž o problém, kterému se budeme nadále věnovat.



Atmosférické srážky jsou základem atmosférického cyklu PAH, které v nich mají charakteristickou distribuci. Jejich průměrný obsah ve srážkách se pohybuje v jednotkách až stovkách ng/dm^3 v závislosti na jejich rozpustnosti ve vodě. Jak již bylo uvedeno, tak také teplota je pro rozpustnost těchto látek významná, např. rozpustnost anthracenu se vzrůstem teploty z 5 °C na 30 °C zvýší pětinašobně. Obecně platí, že PAH s malou molekulovou hmotností jsou rozpustné ve vodě v řádech $\mu\text{g/dm}^3$, kdežto s velkou molekulovou hmotností v řádech ng.dm^{-3} .

Vlastní proces eliminace PAH v ovzduší v průběhu roku je velmi složitý a nejednoznačný. Existuje představa, že sněhové srážky mají vyšší vliv na eliminaci PAH z ovzduší než dešťové srážky. Domníváme se proto, že rozhodujícím faktorem vysvětlujícím lépe danou periodicitu je skutečnost, že v zimním období je celková i lokální produkce emisí vyšší, neboť se zvyšuje také produkce jejich emise z domácích topenišť a automobilových exhalací. Rozhodujícím faktorem je pak v zimním období i kratší doba svitu, nižší teplota, teplotní inverze. To jsou faktory, které se budou uplatňovat nejen na Karvinsku, ale také ve všech oblastech s intenzivní průmyslovou aktivitou.

Rovněž oblast severočeské hnědouhelné pánve patřila v minulosti k oblasti s nejvíce znečištěným ovzduším v Evropě. Znečištění této složky životního prostředí nabývalo i viditelného rozsahu, a stalo se tak typickým pro tuto oblast. Kvalita ovzduší se však od 90. let minulého století výrazně zlepšila. Poslední smogová událost byla v Mostě zaznamenána v roce 1997. V roce 2009 byl na Institutu environmentálního inženýrství VŠB TU - Ostrava posuzován vývoj znečištění ovzduší Mostecká PAH v letech 2005 – 2008, tj. za období, kdy byly hodnocené PAH sledovány. Rovněž v případě benzo[k]fluoranthenu nejsou do hodnocení zahrnuta data za rok 2005, vzhledem k tomu, že tento kontaminant byl na žádost Státního zdravotního ústavu Praha sledován až od roku 2006. Do této doby bylo

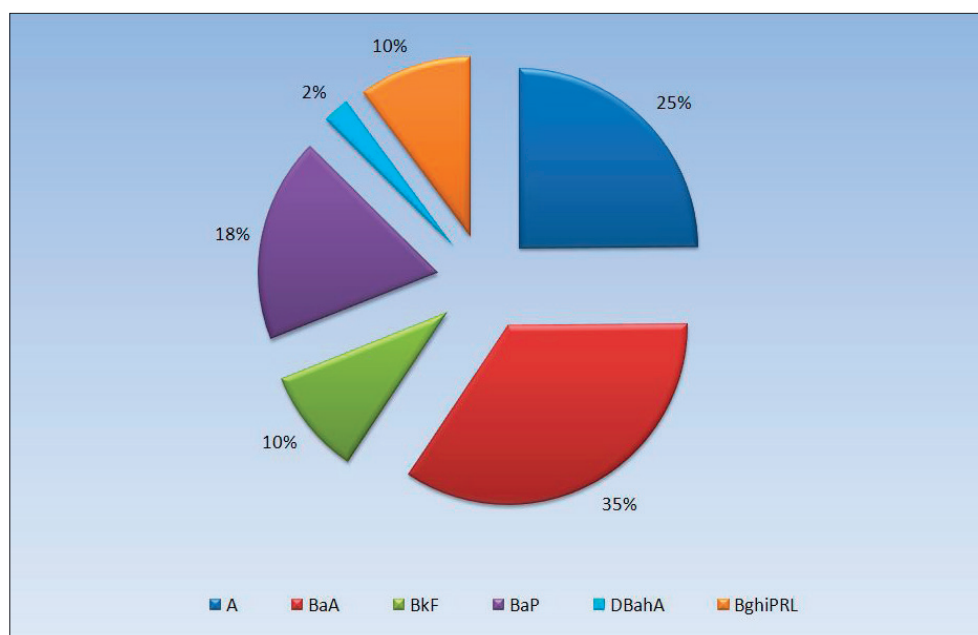
prováděno měření pouze benzo[b]fluoranthenu. Srovnáním dat bylo zjištěno, že v roce 2006 byl u všech monitorovaných PAH na Mostecku shodně zaznamenán jejich nárůst. Vývoj v následujících letech však již nebyl u všech kongenerů shodný, ale měl většinou významně klesající tendenci. Nejvýraznější pokles, ve srovnání s rokem 2006, byl zaznamenán u obsahu benzo[k]fluoranthenu, kdy došlo ke snížení jeho množství v ovzduší o více jak 6 ng/m^3 .

Stanovený cílový imisní limit pro ochranu zdraví lidí dle nařízení č. 597/2006 Sb. pro obsah benzo[a]pyrenu v PM_{10} za kalendářní rok je 1 ng/m^3 . Pouze v roce 2008 se podařilo snížit obsah tohoto karcinogenu v ovzduší nepatrně pod tento imisní limit ($0,96 \text{ ng/m}^3$). V roce 2006, kdy průměrná roční hodnota obsahu benzo[a]pyrenu v PM_{10} za kalendářní rok činila $2,21 \text{ ng/m}^3$, však došlo k více jak dvojnásobnému překročení tohoto imisního limitu. Na základě těchto faktů lze konstatovat, že také Mostecko patří v současné době mezi oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. [23]

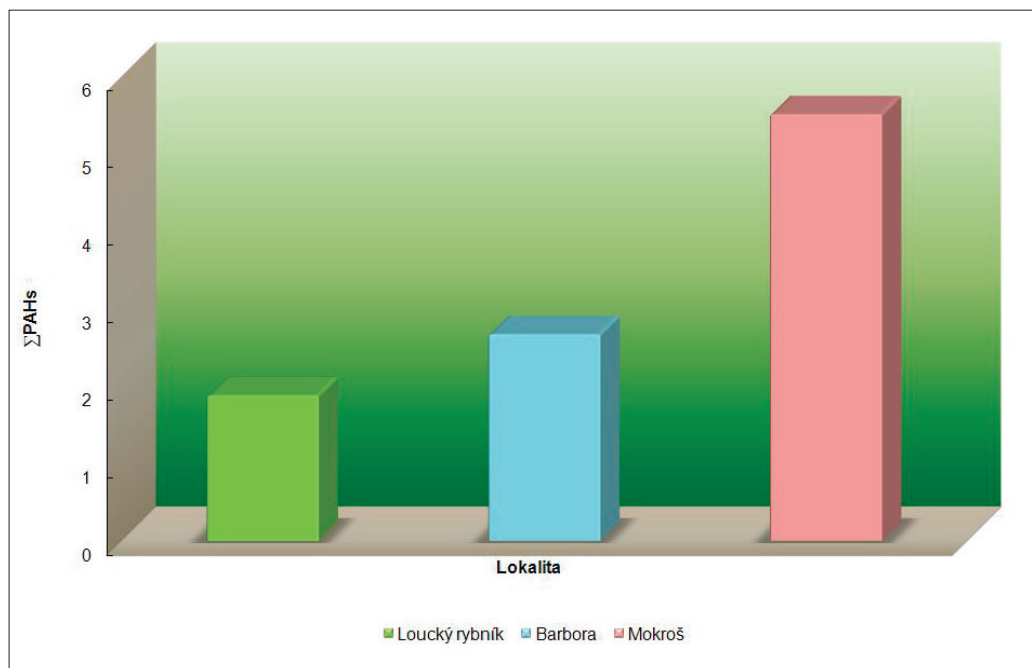
Na obrázku č. 2 je znázorněno procentuální zastoupení vybraných šesti kongenerů PAH v ovzduší za rok 2008. Za požadované hodnoty lze považovat koncentrace PAH v rozmezí $0,1\text{--}1 \text{ ng/m}^3$. Střední hodnoty sumy PAH v ovzduší městských a průmyslových aglomerací se pohybují v rozmezí $0,3\text{--}6 \text{ ng/m}^3$, což také odpovídá zjištěným skutečnostem. Námi zjištěné střední hodnoty se pohybují spíše u horní hranice uvedeného rozsahu.

Z obrázku č. 2 je velmi dobře patrné, že nejvyšší procentuální hmotnostní zastoupení v ovzduší má především benzo[a]anthracen (BaA = 35 %) a anthracen (A = 25 %), naopak nejnižší má dibenzo[ah]anthracen (DbahA = 2 %).

V sedimentech, kde teoreticky setrvávají PAH nejdéle díky tomu, že se sorbují hlavně na jílové částice, může dojít, v závislosti na hydraulických podmínkách a složení sedimentů,



Obr. 2: Procentuální hmotnostní zastoupení šesti vybraných kongenerů PAH v ovzduší v roce 2008.
Zdroj: Stanice AIM OHS Karviná.



Obr. 3: Obsahy sumy šesti monitorovaných PAH v mg/kg sušiny v sedimentech monitorovaných lokalit v roce 2008.

obvykle k jejich postupnému kumulování. Jestliže známe podmínky sedimentace jílovitých částic, jejich složení, vertikální heterogenitu sedimentů atp. a hlavně pak podíl PAH v jednotlivých vrstvách, můžeme velmi dobře charakterizovat celkové a především dlouhodobé zatížení lokality, a to nejen PAH, ale i těžkými kovy, pesticidními látkami, dioxiny a dalšími perzistentními látkami.

Dominantní fází dnových sedimentů na studovaných lokalitách byl křemen a dále byl u všech vzorků zjištěn muskovit (resp. směs muskovitu, illitu a smíšených struktur typu illit-smektit), kaolinit, směs jílových minerálů s dominantní difrakční linií okolo 1,45 nm (chlorit, vermikulit, tektity, případně smíšené

struktury těchto komponent). Mineralogická fázová analýza prokázala, že jílová komponenta dnových sedimentů ze studovaných poklesových kotlin odpovídá fázovému složení kvartérních sedimentů – sprašových hlín a fluviálních sedimentů. V abiotických vzorcích sedimentů se PAH zpravidla nacházejí jako komplexní směsi v relativně neměnném poměru jednotlivých PAH. Dnové sedimenty tak obecně poskytují velmi důležitou informaci o zatížení daného ekosystému. Díky tomu, že jsou tyto látky silně vázány na jílové minerály, že jednotlivé sedimentační vrstvy jsou následně překryty vrstvami dalšími, má přítomnost těchto prvků či sloučenin zanedbatelný vliv na vývoj ekosystému.

Tab. 1: Mediány obsahu hodnocených kongeneru PAH (mg/kg v sušině) pro studované lokality dle kritéria MŽP[6].

Název	Velký Loucký rybník	Barbora	Mokroš	Kritérium MŽP	
				A	B
ANT	0,11	0,28	0,46	0,10	40
BaA	0,50	0,78	1,89	0,10	4
BkF	0,25	0,28	0,25	0,05	4
BaP	0,46	0,63	1,38	0,10	1,5
DBaH	0,11	0,14	0,27	-	-
BghiPRL	0,45	0,56	1,26	0,05	20

Tab. 2: Procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů PAH obsažených v sedimentech sledovaných lokalit v roce 2008.

V oblasti ostravsko-karvinské průmyslové aglomerace je situace poměrně komplikovaná tím, že se navíc může v poklesových kotlinách teoreticky projevit výluh z odvalového materiálu, který je v celé oblasti používán k sanačním pracím. Doposud se však nepodařilo prokázat, že by permokarbonské horniny, které tvoří hlušinu, obsahovaly ve vyšších koncentracích jak těžké kovy, natož pak PAH. Polycyklické aromatické uhlovodíky se mohou v tomto odvalovém materiálu vyskytovat pouze v souvislosti se zbytky uhelné hmoty, což je ve srovnání s ostatními zdroji vliv zanedbatelný.

Na následujícím obrázku č. 3 je graficky znázorněna suma šesti monitorovaných PAH v sedimentech, které se pohybují v rozmezích od 1,88 až 5,51 mg/kg sušiny, přičemž nejnižší imisní zatížení bylo zjištěno v případě lokality Velký Loucký rybník.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny mediány zjištěného obsahu hodnocených kongenerů PAH v sedimentech pro studované lokality v roce 2008 (březen, červen, září a listopad), které jsou velmi obdobné. Dle předpokladu nebyly zjištěny tendence vyskytující se v ovzduší, vzhledem k tomu, že jejich degradace fyzikálně-chemickými cestami je mnohem pomalejší vlivem nepřítomnosti slunečního záření a kyslíku. Probíhá v nich především mikrobiální degradace.

V současné době nejsou legislativně stanovena kritéria pro hodnocení ekologicky přípustných hodnot prvků, látek a sloučenin ve složkách životního prostředí. Lze jen orientačně vycházet z hodnot uváděných např. pro PAH v zeminách na starých ekologických zátěžích v metodickém pokynu Ministerstva životního prostředí (Věstník MŽP 3/1996).

Z porovnání je zřejmé, že obsahy jednotlivých PAH v dnových sedimentech odpovídají orientačně kritériu A, což je hodnota, která by měla odpovídat přibližně přirozeným obsahům sledovaných látek v přírodě, a jsou výrazně pod kritériem B, což je koncentrace, při jejímž překročení by bylo nutné se výskytem dané látky dále zabývat. Z výsledků studie vyplývá, že přítomnost šesti sledovaných PAH v dnových sedimentech studovaných vodních ploch je z ekologického hlediska zanedbatelná a nepředstavuje ekologické riziko, které by vyžadovalo jakákoliv ochranná či sanační opatření.

Z procentuálního zastoupení jednotlivých kongenerů PAH (tabulka č. 2) obsažených v sedimentech sledovaných lokalit v roce 2008 bylo zjištěno, že v zastoupení jednotlivých kongenerů PAH v jejich sumě na posuzovaných lokalitách nejsou mezi jednotlivými studovanými lokalitami příliš významné rozdíly.

4 Závěr

Na základě provedených výzkumných prací bylo prokázáno, že v dnových sedimentech vybraných vodních ploch (Velký Loucký rybník, Barbora, Mokroš) se vyskytují PAH, jejichž zdrojem mohou být jak emise z průmyslových objektů, tak i úniky, úkapy z míst, kde dochází k nedokonalému spalování. PAH jsou významným indikátorem imisní zátěže životního prostředí, jsou vhodné pro sledování stavu životního prostředí, a to nejen na Karvinsku, ale i v jiných oblastech zatížených antropogenní činností. Bylo zjištěno, že přestože byly vybrány

různé typy vodních ploch, které byly od sebe vzdáleny cca 15 – 20 km, byl obsah vybraných kongenerů PAH v dnových sedimentech velmi obdobný. U všech lokalit byl shodně zjištěn vyšší podíl především benzo[*a*]anthracenu (tabulka č. 2), což ale zcela odpovídá i jeho zvýšenému obsahu v ovzduší na Karvinsku (obrázek č. 2). Byl sice zjištěn nepatrně vyšší obsah BghiPRL v dnových sedimentech, a to shodně na všech lokalitách (cca dvojnásobný). Z ekologického hlediska však toto mírné zvýšení koncentrace nepředstavuje žádné riziko, neboť může být dáno podmínkami následného zvětrávání zbytkových částí uhlí, které jsou součástí návozu používaného pro terénní úpravy a sanaci terénních depresí. Na základě této skutečnosti se proto nebudeme problematikou příčin vyššího obsahu tohoto kongeneru dále zabývat.

Literatura

- [1] STALMACHOVÁ, B., PERTILE, E., VALČÍKOVÁ, K.: Ekologické podmínky zvodnělých poklesových kotlin hornické krajiny Karvinska. In *Hornická Příbram ve vědě a technice*. Příbram: Scientiae Rerum Montanarum Příbram, 2000. s. 1-16.
- [2] PERTILE, E., VALČÍKOVÁ, K.: Monitorování kvality vod poklesových kotlin na Karvinsku a jejich možné využití. In *Hornická a pohornická krajina horního Slezska*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001. s. 131-136. ISBN 80-7078-930-1.
- [3] PERTILE, E., LYČKOVÁ, G., ČURDA, S.: Ecological Effect of Eutrophication on Aquatic Species. In *6th International Conference Environment and Mineral Processing Part II*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, HGF, Institut environmentálního inženýrství, 2002. s. 711-714. ISBN 80-248-0072-1.
- [4] RACLAVSKÁ, H. MATÝSEK D.: Inicie přirozených ekosystémů poddolované krajiny pro proces obnovy území Karvinska. *Eutrofizace vod poklesových kotlin a odkališť v OKR*. Ostrava: VŠB TU-Ostrava, 2002. s. 34-47.
- [5] PERTILE, E.: Ekologický monitoring recentních vod v oblasti OKR. *Inicie přirozených ekosystémů poddolované krajiny pro proces obnovy území Karvinska*. Ostrava: VŠB TU-Ostrava, 2003. s. 104-126.
- [6] HORKÁ, I.: Bakalářská práce. *Výskyt, biometrie raka bahenního (Pontastacus leptodactylus) na Karvinsku*. Ostrava: Přírodovědecká Fakulta Ostravské Univerzity, Ostrava, 2003. s. 12-14.
- [7] LYČKOVÁ, G., PERTILE, E.: Studium chování recentních vod v závislosti na charakteru poklesové kotliny v oblasti ostravsko-karvinských dolů. In *Recyklace odpadů VIII*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2004. s. 107-110. ISBN 80-248-0560-X.
- [8] PERTILE, E., VICHROVÁ, J.: Behavioural study of Periodical pools. In *8th Conference on Environment and Mineral Processing*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2004. s. 195-197. ISBN 80-248-0559-6.

- [9] ŠTĚPÁNOVÁ, R., PERTILE, E.: Monitoring chemismu vod poklesových kotlin Ostravsko-karvinského revíru. In *Možnosti zpracování odpadů po důlní a metalurgické činnosti*. VŠB-TU Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2005. s. 23-31. ISBN 80-248-0949-4.
- [10] PERTILE, E., ŠTĚPÁNOVÁ, R.: Monitoring of River Biotope of Crayfish in Ostrava-Karvina District. In *9th Conference on Environment and Mineral Processing*. VŠB-TU Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2005. s. 209-218. ISBN 80-248-0787-4.
- [11] PERTILE, E.: Posouzení vlivu průtočných systémů na kvalitu vody ve vybraných průtočných poklesových kotlinách OKR. *Uhlí rudy geologický průzkum*, 2008, roč. 56, č. 9, s. 32-35. ISSN 1210-7697.
- [12] PERTILE, E.: Suitability Analysis of Waste Rock Application in Hydric Reclamation in the Natural Water-bearing Subsidence Troughs in Karvinsko, Czech Republic. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 2008, roč. 20, č. 1, s. 97-100. ISSN 03534529.
- [13] SAMANTA, S. K., SINGH, O. V., JAIN, R. K.: Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation. *Trends Biotechnik*. 20, 2002. 243-248 p.
- [14] BRYSELBOUT, C. ET AL.: *Polycyclic aromatic hydrocarbons in highway plants and soils*. Evidence for a local distillation effect. *Analisis* 28, 2000. 290-293 p.
- [15] KNIGHTES, C.D., PETERS, C.A.: *Multisubstrate biodegradation kinetics for binary and complex mixtures of polycyclic aromatic hydrocarbons* [online]. [cit. 2009-02-20] *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 25, No. 7, 2007, 1746-1756 p.
- [16] DE MAAGD ET AL.: *Physicochemical properties of polycyclic aromatic hydrocarbons: Aqueous solubilities, n-octanol/water partition coefficients, and Henry's Law constants*. *Environ. Toxicol. Chem.* 17, 1998. 251-257 p.
- [17] ERTILSSON, S., WIDENFALK, A.: *Photochemical degradation of PAHs in freshwaters and their impact on bacterial growth - influence of water chemistry*. *Hydrobiologia* 469, 2002. 23-32 p.
- [18] LEGRET, M.; PAGOTTO, C.: *Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from a major rural highway*. *Sci. Total. Environ.* 235, 1999. 347-349 p.
- [19] SIMONICH, S. L.; HITES, R. A.: *Importance of vegetation in removing polycyclic aromatic hydrocarbons from the atmosphere*. *Kature* 370, 1994. 49-51 p.
- [20] SLASKI, J. J., ARCHAMBAULT, D. J., LI, X.: *Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) accumulation in plants. The potential use of PAH accumulation as a marker of exposure to air emissions from oil and gas flares*. Alberta Environment, Edmonton, 2000.
- [21] WAGROWSKI, D. M.; HITES, R. A.: *Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in urban, suburban, and rural vegetation*. *Environ. Sci. Technol.* 31, 1997. 279-282 p.
- [22] Metodický pokyn pro vyhodnocení kontaminace sedimentů. *Věstník MŽP*. 3/1996.
- [23] PERTILE, E., MOLINOVÁ, B., WOLFOVÁ, R., NEZVALOVÁ, L., ČABLÍK, V. An Evaluation of Atmospheric Pollution by Organic Compounds in Mostecko. In *Wastes and Environment*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, HGF, Institut environmentálního inženýrství, 2009. s. 109-113. ISBN 978-80-248-2074-3.

VELKÁ KRONIKA O HNĚDÉM UHLÍ



MINULOST, SOUČASNOST A BUDOUCNOST
těžby hnědého uhlí v severozápadních Čechách



autorů: Ing. Václava Valáška a Dr. Ing. Lubomíra Chytky



Publikace mapuje historický vývoj hnědouhelného hornictví v podkrušnohorské oblasti od prvních zmínek o dobývání uhlí v severozápadních Čechách kolem roku 1403. Největší část je věnována poválečnému období po II. světové válce, kdy hornictví zaznamenalo největší rozvoj, po současnost, zároveň ale podává i výhled do budoucna, přibližně do roku 2060.

Kniha má 379 stran, celkem bylo vydáno 2 000 výtisků ve standardním provedení, 200 kusů bylo vyrobeno ve speciální kožené vazbě se stříbrnou ražbou.

Kroniku lze zakoupit ve Výzkumném ústavu pro hnědé uhlí a. s. v Mostě, Budovatelů 2830.

Kontakt: Hana Jančárková, tel: 476 208 614, e-mail: jancarkova@vuhu.cz.

Cena publikace: 760 Kč (bez balného a poštovného).