STAV A VÝVOJ ZNEČIŠTĚNÍ PLAVENIN A SEDIMENTŮ V TOCÍCH ČR NA ZÁKLADĚ VÝSLEDKŮ MONITORINGU ČHMÚ

Dušan Hypr[1], Jarmila Halířová[1]

Abstrakt

Příspěvek uvádí přehled výsledků dlouhodobého monitoringu chemického stavu sedimentů a plavenin v letech 1999 až 2009 a statistického zpracování dat s důrazem na analýzu časoprostorových změn kontaminace těžkými kovy, metaloidy a organickými látkami. Dokumentována je rozdílná míra kontaminace a zatížení v jednotlivých povodích. V souvislosti se závažností výskytu některých kontaminantů jsou zmíněny úseky toků s rizikovým potenciálem a vazba na možné zdroje znečištění.

Klíčová slova: monitoring, plaveniny, sedimenty, chemický stav, kontaminace

1. Úvod

Systematický monitoring chemického stavu vod provádí ČHMÚ v rámci státní sítě sledování jakosti vody v tocích od roku 1963. Sledovanou matricí byla dlouhodobě výhradně povrchová a podzemní voda. Teprve koncem 20. století byly na základě nových vědeckých poznatků a informací o vlivu znečišťujících látek na vodní ekosytém a jejich výskytu v jednotlivých složkách formulovány požadavky na sledování nových chemických látek a nových matric (biota, říční sedimenty) pro účely hodnocení jakosti vody v tocích a pevné matrice včetně sedimentů a plavenin se stávají součástí monitorovacích programů. Řada znečišťujících chemických látek vyskytujících se v povrchových vodách je slabě rozpustná až nerozpustná nebo se přednostně váže a kumuluje v pevných matricích. Jejich analýzy ve vodní fází jsou jen zčásti signální a mnohdy jejich obsah nelze analyticky stanovit. Jedná se především o kovy a metaloidy a celou řadu organických látek (PAU, PCB, PBDE a některé pesticidy), pro které mají analýzy v pevných matricích vyšší vypovídací schopnost než analýzy ve vodě. Hodnocení zatížení vodního ekosystému pouze na základě analytických údajů ze vzorků vody tak mnohdy neposkytuje objektivní informaci o celkové kvalitě povrchových vod. Český hydrometeorologický ústav reagoval na nové požadavky EU v oblasti ochrany vod a již od roku 1999 rozšířil sledování jakosti povrchové vody o monitoring nových matric, a to nejen sedimentů, ale i plavenin a bioty. Kvalita plavenin a jejich množství má význam pro sledování transportu znečišťujících látek v rámci území České republiky i mezinárodních povodí. Původně pilotní projekt sledování jakosti plavenin a sedimentů na 20 profilech hlavních toků a jejich přítoků byl v roce 2000 rozšířen a sledování pevných matric se stalo součástí tzv. komplexního monitoringu jakosti vod na 47 profilech hlavních toků a významných přítoků (Obr.1). Profily sítě komplexního sledování byly vybrány tak, aby bylo možno získané údaje o obsazích chemických látek doplnit informacemi o průtoku vody a množství plavenin a orientačně kvantifikovat transportované množství znečišťujících látek. V současné době je sledování jakosti plavenin a sedimentů součástí programů situačního monitoringu chemického stavu povrchových vod dle směrnice 2000/60/ES. Komplexní pojetí monitoringu umožňuje solidní kontrolu vlivu vypouštění odpadních vod a také ověřování efektivity programů opatření, přijatých v rámci snižování a postupné eliminace nebezpečných látek ve vodním prostředí, jak požaduje EU (Směrnice 2000/60/ES). Problematice monitoringu pevných matric v kontextu celkového hodnocení jakosti povrchových vod je aktuálně věnována v evropské i české legislativě velká pozornost. Evropské směrnice definují látky, které mají výhradní relevanci pro pevnou matrici (Směrnice 2008/105/ES), připravují se evropské návody pro chemický monitoring sedimentů a bioty (Guidance on Chemical Monitoring of Sediment and Biota under the Water Framework Directive, zpracovaný CMA, 2010). Ve fázi schvalování jsou i národní normy environmentální kvality pro sedimenty (novelizace NV č. 61/2003 Sb.). V řadě evropských zemí je řešena problematika kvality a

množství sedimentů v povodí velkých řek také s ohledem na ochranu mořského prostředí v rámci implementace Rámcové směrnice o strategii pro mořské prostředí (2008/56/ES)



Obr. 1: Síť komplexního sledování jakosti vody

2. Metodika monitoringu

Pro účely dlouhodobého monitoringu s cílem dokumentovat aktuální znečištění a sledovat jeho další vývoj jsou v případě sedimentů odebírány 2 x ročně vzorky tzv. čerstvého sedimentu ze svrchní vrstvy uloženého sedimentu. Využívány jsou k tomu ruční odběrová zařízení, ať již krabicové hrabáky na manipulační tyči nebo prosté ruční sběračky. Metody odběru vzorků plavenin doznaly v průběhu sledování určitých změn. Původně 1x měsíčně odebírané velkoobjemové bodové vzorky vody s obsahem plavenin v mnoha případech neposkytovaly po filtraci dostatečné množství materiálu pro požadovaný rozsah analýz. V letech 1999 – 2005 byly proto v bodových vzorcích plavenin stanovovány pouze těžké kovy a metaloidy. V případě nízkých obsahů nerozpuštěných látek byl však výsledný analytický signál nekvalitní a výsledky analýz zatíženy poměrně velkou chybou. Od roku 2001 je odběr plavenin prováděn metodou odstřeďování pomocí centirfugy ALFA Laval, která za poměrně krátkou dobu umožní efektivně získat bez ovlivnění kvality vzorku (separace zrnitosti) dostatečné množství materiálu jak pro analýzy kovů tak organických látek. Od roku 2006 odstředěné vzorky plavenin definitivně nahradily původně odbírané bodové vzorky plavenin za cenu nižší frekvence vzorkování (4x ročně), ale s kvalitnějším analytickým výstupem,.

Rozsah sledovaných ukazatelů vychází z doporučení směrnic EU a zahrnuje i většinu látek Seznamu prioritních látek v oblasti vodní politiky (Příloha II Směrnice 2008/105/ES). Dlouhodobě je sledováno celkově 100 až 110 chemických ukazatelů (těžké kovy a metaloidy, polyaromatické uhlovodíky, celkový organický uhlík, těkavé organické látky, pesticidy, izomery PCB, trichorbenzeny, chlorfenoly a z fyzikálních parametrů zrnitostní složení). Veškeré analytické práce pro monitoring zajišťují subdodavatelé.

3. Výsledky monitoringu

3.1 Statistické zpracování

Použité datové soubory

Pro statistické analýzy byly zpracovány kolekce dostupných dat bodových vzorků sedimentů a odstředěných vzorků plavenin v rozsahu roků 1999/2001–2009 z 47 profilů monitorovací sítě.. Pro základní statistiku bylo počítáno celkem 117 proměnných (látek) a pro podrobnější analýzu bylo vybráno celkem 45 látek s největším množstvím naměřených údajů. Hodnoceny byly také datové soubory sedimentovatelných plavenin z programu MKOL (profily Valy, Lysá, Obříství, Zelčín a Děčín, kontinuální sledování) a data získaná na profilech situačního monitoringu analýzou filtrovaných plavenin (data 1x měsíčně, do roku 2005). Hodnoty pod

mezí stanovitelnosti byly nahrazeny přímo hodnotami mezí. Datové soubory a výpočty jsou tak zatíženy chybou, zvláště pokud meze stanovitelnosti byly v některých obdobích vyšší než jiné reálně měřené hodnoty. Dalším nedořešeným problémem je kladná šikmost (někdy až lognormální rozdělení) a častá polymodalita souborů a z toho plynoucí nereprezentativnost středních hodnot souborů.

Použité statistické metody

Pro datové soubory jednotlivých látek byly pro každý profil konstruovány časové řady a histogramy koncentrací látek. Byly vypočteny základní parametry popisné statistiky. Podrobnější statistické analýzy byly s ohledem na množství dat za dané období uskutečněny pro matrici plaveniny. Soubory dat získaných různým typem odběru byly testovány dvouvýběrovými neparametrickými testy (Kolmogorov Smirnov, Wald-Wolfowitz a Mann-Whitney). Obdobně byl z dat na profilu Děčín testován případný vliv průtoku vody a množství transportovaných plavenin na obsah vybraných látek v plaveninách. Podrobnější záznam chemického stavu plavenin souboru dat programu MKOL dovolil testy statistického významu období odběru na obsahy látek vícenásobným testem shody mediánů (Kruskal-Wallisův test). Na profilu Děčín byla provedena ještě analýza struktury dat z pohledu časových změn s cyklickou povahou (variogramy) a analýza struktury vztahu hodnot okamžité koncentrace plavenin a průměrných hodnot průtoku. Výsledky ukázaly, že lze hodnověrně zpracovat zjednodušené matice dat výběru látek a jejich průměrných obsahů na profilech situačního monitoringu pomocí clusterové analýzy, tak aby bylo možné definovat základní povahu chemického stavu profilů a skupin profilů v dílčích povodích. Vícerozměrné statistické přístupy zčásti eliminují nedostatky souborů dat plynoucí z použití průměrných hodnot a náhrad za údaje pod mezí stanovitelnosti Clusterová analýza byla aplikována i na data obsahů látek v matrici sedimenty.

Předběžné závěry vyplývající ze statistických analýz a testů

Rozsah provedených analýz a testů a diskuze k již získaným výsledkům přesahuje možný rozsah předloženého hodnocení. Následuje jen stručný přehled některých zajímavých výsledků analýz a testů.

Výsledky testů vlivu typu odběru na profilech MKOL prokazují:

- Závislost výsledků vzorkování na způsobu odběru vzorku (množství a geochemický charakter vzorku, časové parametry).
- Odlišnost charakteru plavenin na jednotlivých profilech (regionální charakter plavenin a jejich dynamika).
- Jistou shodu charakteru plavenin na profilech Obříství, Valy a Lysá nad Labem vedoucí k úvaze o možnosti definovat standardní plaveniny nejméně v úseku středního Labe.
- Různou míru výpovědní hodnoty souborů dat s různým typem odběru v testech závislosti dat na místě odběru vzorku (vliv četnosti vzorkování).

Výsledky testů statistického významu období odběru na obsah vybraných látek, s ohledem na příliš striktní časové kotvení k měsíci nebo roku poskytly jen omezenou informaci o určitém významu sezonality. Pokud se týče kovů, pak vyšší koncentrace jsou obvykle v zimních měsících a lze na nich spatřovat i trend poklesu koncentrace od roku 1999 do 2009. V případě organických látek není zřejmá priorita některé části ročního období. U některých organických látek se projevuje trend poklesu koncentrace v období 1999-2009. Netýká se to kolísavých obsahů PCB nebo naopak obvykle postupně vyšších koncentrací PAU.

Výsledky analýzy struktury dat obsahu vybraných látek v plaveninách na profilu Děčín (data MKOL) z pohledu možných časových změn s cyklickou nebo jinou povahou prokazují:

- Roční sezonalitu kolísání koncentrace většiny látek vázaných na plaveniny.
- Sezonalitu nižší úrovně kolísání koncentrací většiny látek v závislosti na srážkových epizodách a tání sněhové pokrývky.

Výsledky testů statistického významu průtoku vody a množství plavenin na obsah látek v plaveninách v profilu Děčín prokazují:

- Kolísání koncentrace látek v plaveninách má roční sezonalitu a logické kolísání nižšího řádu kombinované s náhodnými epizodami. Průtok vody ani koncentrace plavenin nejsou faktorem zásadně ovlivňujícím složení plavenin z hlediska jejich chemického stavu. Podstatná je skutečnost, že v krajině jsou kromě bodových zdrojů k dispozici kontaminované zeminy a další materiál tvořící plaveniny, a to, že několikrát ročně dojde k epizodám splachu do říčních toků. Kolísání koncentrací látek se odehrává s výjimkou některých jarních extrémních epizod prakticky bez významnější korelace k průtokům vody nebo obsahům nesených plavenin. Důležitou roli hrají geografické faktory a srážko-odtokové faktory ovlivňující transport zdrojového materiálu plavenin z krajiny do říčního toku.
- Clusterová analýza z pohledu vztahu obsahů látek k denním průtokům vody a koncentraci plavenin neposkytla informaci o významnější závislosti mezi definovatelnou sezonalit koncentrací látek a jejich koncentrační úrovní.
- Variogramy logicky podtrhují sezonalitu režimu odtoku vody a odnosu plavenin.

Výsledky clusterových analýz dat koncentrací látek plavenin a sedimentů.

V obou matricích se téměř shodně zobrazuje regionální charakter kontaminace zobrazené v chemickém stavu obou vzorkovaných matric. Ukazuje se odlišný charakter Odry, Moravy a Dyje s obvykle většími koncentracemi PAU. Další podrobnější regionální diferenciace je podle ostatních skupin nebo jen vybraných kontaminantů. Charakter většiny labských sedimentů a plavenin je víceméně vzájemně shodný. Celá řada přítoků má obvykle menší míru kontaminace a sdružují se tak k sobě např. přítoky horního a středního Labe. To naopak Ohře a Bílina jsou nositelkami největších koncentrací látek v plaveninách a sedimentech. Toto zatížení se částečně zobrazuje i na profilu Labe pod Děčínem v Prostředním Žlebu. Odlišný charakter a značnou míru kontaminace vykazuje i dobře odlišitelný profil Hrádek nad Nisou. Vltava v hraničním profilu Zelčín příliš odlišná od Labe není. Plaveniny a sedimenty mají podobný typ kontaminace s jen částečně odlišným spektrem látek. Přítoky Vltavy mají různý regionálně podmíněný charakter.

Členění profilů na shluky s projevem regionálního třídění a anomálie způsobené odlišností chemického stavu hlavních toků od některých jejich přítoků koresponduje s výsledky vícenásobných a dvouvýběrových neparametrických testů počítanými pro profily dílčích povodí a pro důležité soutoky (Labe s Vltavou, Morava s Bečvou). Zobrazuje se i dynamika transportu s mísením plavenin do společných směsí a případně i geochemické změny v průběhu toku, stejně tak jako regionální charakter industrializace a další parametry socioekonomické sféry ovlivňující charakter chemického stavu plavenin a kvalitu říčního ekosystému.

S ohledem na absenci profilu na Vltavě nad Prahou lze jen v hrubých obrysech posuzovat dopad pražské aglomerace na charakter plavenin a sedimentů v závěrovém profilu Vltavy v Zelčíně. Např. jistý podíl kovů nebo PAU lze totiž přičíst na vrub kontaminace plaveninové směsi Vltavy Berounkou nebo Otavou a samotná Vltava je částečně kontaminovaná již na profilu v Březí. Podobně chybí i profil pod Českými Budějovicemi.

Souhrnné výsledky clusterových analýz jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2, včetně výčtu přítomnosti hlavních kontaminantů.

Tab. 1: Výsledky clusterové analýzy obsahů látek v plaveninách v letech 2001 – 2009

	dílčí shluk nebo skupina		profily	přítomnost nejvýraznějších kontaminantů
vyšší obsahy PAU	A/1	odlišný pár profilů	Ústí nad Labem (Bílina)	střední PAU, vysoké obsahy kovů, aldrin, HCH, HCB, DDT,trichlorbenzeny, PCB, AOX
			Hrádek nad Nisou (Lužická Nisa)	vysoké PAU, vysoké obsahy kovů, aldrinu, DDT a derivátů, PCB, AOX, TOC
	A/2	povodí Odry a podskupiny	Jakubčovice, Svinov a Bohumín (Odra), Ostrava (Ostravice), Děhylov (Opava), Věřňovice (Olše)	vysoké PAU, kovy (B, Zn), na Ostravici PCB
			Otrokovice (Olše), Topělec (Otava)	vysoké PAU, kovy (B, Se a Cu - Otrokovice, Sb, As, Cr, Be, Co a Se - Topělec)
			Němčice a Vestřev (Labe), Předměřice (Jizera)	středně vysoké PAU, kovy (B, Pb a Zn), mírně zvýšené PCB
	A/3	povodí Moravy a Svratka a odlišná dvojice	Kroměříž, Spytihněv a Blatec (Morava), Dluhonice (Bečva), Židlochovice (Svratka)	zvýšené PAU, kovy (B, Ni), delta-HCH, trichlorbenzeny
			Bílovice (Svitava), Raškov (Morava)	vysoké PAU, pesticidy, trichlorbenzeny a PCB
nižší obsahy PAU	B/1	profily povodí Labe (a Želčín)	Valy, Lysá, Obříství, Liběchov a Prostřední Žleb (Labe)	nízké PAU, zvýšené obsahy kovy (As, B, Cr), pesticidy, trichlorbenzeny, PCB, AOX, TOC
			Želčín (závěrový profil Vltavy)	nízké PAU, zvýšené obsahy kovy (Mn, Zn), pesticidy, trichlorbenzeny, PCB, AOX, TOC
		podskupina Ohře a Ploučnice	Želina a Terezín (Ohře), Březiny (Ploučnice)	velmi nízké PAU, zvýšené obsahy kovů (Sb, As, Be, B, Cd, Co, Mn, Zn), pesticidy, trichlorbenzeny, PCB
	B/2	dílčí povodí Dyje a dva profily Moravy	Jevišovka a Pohansko (Dyje), Ivančice (Jihlava)	nízké PAU / vyšší obsahy kovy (B, Mn, Ni), pentachlorbenzen, trichlorbenzeny a mírně zvýšené pesticidy
			Lanžhot (Morava), Havřice (Olšava)	mírně vyšší PAU / (nestačí na přiřazení k A/3), vyšší obsahy B, Mn, Ni, pentachlorbenzen, trichlorbenzeny a pesticidy
		podskupina přítoků horního Labe	Sány (Cidlina), Nemošice (Chrudimka), Nepasice (Orlice), Dašice (Loučná)	velmi nízká kontaminace s výjimkou pentachlorbenzenu
	B/3	Vltava a její přítoky (mimo Topělec a Želčín)	Březí a Pěkná (Vltava), Bechyně (Lužnice) a Bukovec (Berounka)	mírně vyšší PAU / vyšší obsahy kovů (Sb, Mn, Sb, Se, Ni), Stříbro, Srbsko a Bechyně i Zn), aldrin, TOC, na Pěkné pentachlorbenzen a v
			Zruč n.S. a Nespeky (Sázava), Stříbro (Mže), Srbsko (Berounka)	nízké PAU / Srbsku a v Nespekách p.p´-DDD

Tab. 2: Výsledky clusterové analýzy obsahů látek v sedimentech v letech 1999 – 2009

	dílčí shluk nebo skupina		profily	přítomnost nejvýraznějších kontaminantů
vyšší obsahy PAU	A/1	OHŘE a BÍLINA	Ústí nad Labem a Záluží (Bílina), Želina a Terezín (Ohře)	střední až nízké PAU, vysoké všechny kovy (na Ohři kromě Cr), pesticidy, 1,2,4-trichlorbenzen, PCB, AOX a TOC
	A/2-1	dvojice profilů	Otrokovice (Olše), Děhylov (Opava)	vysoké PAU, z kovů B v Děhylově, HCH a PCB v Děhylově, 1,2,3-trichlorbenzen, pentachlorbenzen, TOC a středně vysoké AOX
	A/2-2	LUŽICKÁ NISA a dvojice profilů	Hrádek nad Nisou (Lužická Nisa)	vysoké PAU, prakticky všechny kovy (v nižší úrovni než A/1), pesticidy (středně vysoké), 1,3,5-trichlorbenzen, PCB, TOC
			Topělec (Otava), Bukovec (Berounka)	vysoké PAU, prakticky všechny kovy (v nižší úrovni než A/1), trichlorbenzeny a DDT včetně derivátů (středně vysoké), PCB, AOX, TOC
	A/2-3	povodí ODRY	Jakubčovice a Bohumín (Odra), Věřňovice (Olše)	vysoké PAU, kovy (B, Cr, Cd a Zn), HCH, HCB, trichlorbenzeny, pentachlorbenzen, TOC a v Bohumíně PCB
	A/2-4	povodí MORAVY	Spytihněv, Raškov, Olomouc (Morava)	vysoké obsahy PAU, delta-HCH a ostatní pesticidy, trichlorbenzeny, PCB, ve Spytihněvi vyšší obsahy B a Cr, v Raškově Cd
		povodí DYJE	Bílovice (Svitava), Židlochovice (Svratka)	
nižší obsahy PAU	B/1-1	profily MORAVY a DYJE (nízké PAU)	Lanžhot a Kroměříž (Morava), Dluhonice (Bečva), Havřice (Olšava)	mírně vyšší PAU mimo Lanžhot
			Jevišovka a Pohansko (Dyje), Ivančice (Jihlava)	nízké PAU (Ivančice vyšší)
	B/1-2	přítoky horního LABE (podobné i Svinov a Pěkná)	Nepasice (Orlice), Nemošice (Chrudimka), Sány (Cidlina), Pěkná (Vltava) a Svinov (Odra)	profily s nejmenší mírou kontaminace
	B/2-1	profily povodí LABE a ostatních přítoků podobné jsou i Zelčín, Březí a Ostrava	Vestřev, Němčice, Valy, Lysá, Obříství, Liběchov a Prostřední Žleb (Labe), Dašice (Loučná), Předměřice (Jizera), Zelčín a Březí (Vltava), Ostrava (Ostravice)	poměrně nízké obsahy PAU až na fluoranthen a na několika profilech benzo(a)pyren, obvykle vyšší až vysoké obsahy kovů (kromě Se a Ni), mírně zvýšený až zvýšený obsah pesticidů a PCB
	B/2-2	dílčí shluk profilů přítoků VLTAVY (podobná Ploučnice)	Bechyně (Lužnice), Zruč nad Sázavou a Nespeky (Sázava), Stříbro (Mže), Srbsko (Berounka) a Ploučnice (Březiny)	nízké PAU (vyšší obsahy v Srbsku, Březinách a Zruči), vyšší obsahy kovů (mimo B a Hg), vysoké AOX

3.2 Klasifikace znečištění v jednotlivých oblastech povodí

Účelem monitoringu chemického stavu plavenin a sedimentů je mimo sledování trendu vývoje znečištění také hodnocení míry znečištění z hlediska vlivů na akvatická společenstva a zdraví člověka. Pro tyto účely je dlouhodobě využíván Metodický pokyn odboru pro ekologické škody MŽP ČR – kritéria znečištění zemin a podzemní vody z roku 1996, který obsahuje pro většinu sledovaných ukazatelů limitní hodnoty kritérií pro přirozené obsahy látek (A), zvýšené znečištění (B) a pro znečištění s rizikem pro zdraví člověka (C). Dle uvedeného normativu obsahy sledovaných látek v plaveninách a sedimentech dlouhodobě odpovídají ve většině případů úrovni přirozených hodnot nebo mírně zvýšeného znečištění. Jako zvýšené a rizikové znečištění byly hodnoceny jen nejvyšší hodnoty obsahů některých polutantů. Pouze na Bílině a Ohři je vyhodnocována např. u arsenu nebo berylia zvýšená kontaminace ve většině vzorků. Celkově lze jmenovat jako nejčastěji se vyskytující a přetrvávající kontaminanty pevných matric na našich tocích arsen, kadmium, berylium, rtuť, olovo, zinek, antimon, látky skupiny PAU a PCB, z chlorovaných pesticidů hexachlorbenzen, trifluralin, izomery řady DDT a chlorbenzeny.

Komentář stavu znečištění v jednotlivých oblastech povodí je zaměřen pouze na látky s charakteristickým výskytem pro danou oblast a látky vyskytující se v závažných koncentračních úrovních.

Oblast povodí horního a středního Labe

Obsahy sledovaných polutantů v plaveninách Labe a přítoků jsou ve většině případů dlouhodobě hodnoceny jako přirozené hodnoty (kat. A 1) nebo mírné znečištění (kat. A 2). Na Labi se vyskytuje v mírně zvýšených obsazích nejčastěji antimon, arsen, kadmium, měď a zinek a na celém středním Labi pod pardubickou průmyslovou aglomerací rtuť s nejvyššími obsahy v závěrovém profilu oblasti v Obříství. Z organických polutantů je typický pro střední úsek Labe výskyt významnějších obsahů látek skupiny chlorbenzenů (di-, tri-) obvykle s nejvyššími hodnotami v profilu Valy pod Pardubicemi. Zvýšené znečištění bylo v průběhu monitoringu sporadicky zaznamenáno na horním Labi ve Vestřevu v obsazích arsenu a benzo(a)pyrenu. Na přítocích Labe se v mírně zvýšených hodnotách vyskytují nejčastěji antimon, kadmium a zinek, na Jizeře a Loučné také měď a ojediněle rtuť. Celkově nejméně znečištěným tokem oblasti je dlouhodobě Cidlina v Sánech, kde obsahy většiny sledovaných látek s výjimkou pesticidů odpovídají přirozeným hodnotám.

Oblast povodí dolního Labe a Ohře

Chemický stav plavenin a sedimentů na Bílině, Ohři a Labi je dlouhodobě hodnocen jako nevyhovující a závažný, přesto však můžeme v průběhu monitoringu zaznamenat mírné zlepšení a doložit snížení obsahů některých problémových látek. Významným ukazatelem znečištění plavenin a sedimentů povodí je setrvale arsen a berylium na Ohři nad Nechranickou nádrží, na Bílině arsen, rtuť, izomery DDT a hexachlorbenzen, které se ve vyšší míře vyskytují také na dolním Labi pod Děčínem. V plaveninách Ohře nad Nechranickou nádrží jsou opakovaně měřeny vysoké obsahy arsenu, odpovídající rizikové kontaminaci (kat. C) a dále vysoké obsahy berylia, odpovídající mírně zvýšené až rizikové kontaminaci (kat. A2 až C). Vysoké obsahy berylia specifické pro tuto oblast souvisí pravděpodobně s atmosférickou depozicí produktů spalování hnědého uhlí. Vysoké obsahy arsenu v úrovni rizikové kontaminace jsou obvykle měřeny také v plaveninách na Bílině v Ústí n. L. Pro Bílinu a dolní Labe jsou typické i vyšší obsahy hexachlorbenzenu, rtuti a izomerů DDT (nejvyšší obsahy v rámci sledované sítě). Na Bílině byly v minulých letech tyto látky měřeny ve významných obsazích, často v úrovní zvýšené kontaminace. Po roce 2002 byl zaznamenán pokles jejich obsahů a v současné době dosahují obvykle jen mírně zvýšených hodnot, podobný efekt byl zjištěn také na dolním Labi. Znečištění Bíliny rtutí a hexachlorbenzenem souviselo zejména s provozem a vypouštěním odpadních vod ze Spolchemie a. s. Specifickým znečištěním plavenin a sedimentů Bíliny v oblasti Most - Záluží

jsou mírně zvýšené obsahy kobaltu. Vyšší kontaminaci toků oblasti prokazují také sedimenty. V sedimentech Ohře a Bíliny se ve zvýšené míře vyskytuje arsen, berylium a ojediněle rtuť. Sedimenty Labe v hraničním úseku pod Děčínem jsou mírně znečištěné kadmiem, rtutí a zinkem, dále látkami skupiny PAU, PCB, hexachlorbenzenem a izomery DDT. V případě rtuti bylo v sedimentech Labe zaznamenáno po roce 2006 mírné snížení obsahů. Vyšší znečištění je dlouhodobě monitorováno také v plaveninách a sedimentech Lužické Nisy pod průmyslovou aglomerací Liberec – Hrádek n. N., kde jsou měřeny setrvale vyšší obsahy většiny kovů a PAU. Obsahy kadmia, mědi a zinku zde patří k republikově nejvyšším zjištěným hodnotám.

Oblast povodí horní Vltavy

Kontaminace pevných matric oblasti je dlouhodobě relativně nízká. K nejzatíženějším tokům patřila dříve Otava pod Pískem s nejvyššími obsahy látek PAU, (zvýšené obsahy benzo(a)pyrenu) a ojediněle zvýšenými obsahy arsenu nebo rtuti. V současné době je v plaveninách Otavy, Vltavy i Lužnice měřeno mírné znečištění kadmiem, olovem, zinkem a na Otavě pod Pískem také rtutí. Mírně zvýšené jsou obsahy většiny látek skupiny PAU, přičemž v roce 2009 byly na všech profilech zaznamenány v plaveninách nadlimitní hodnoty benzo(a)pyrenu. Nejnižší obsahy sledovaných ukazatelů jsou dlouhodobě měřeny na profilu horní Vltavy v Pěkné. V roce 2009 zde byly sedimenty vyhodnoceny všech sledovaných ukazatelích jako neznečištěné.

Oblast povodí Berounky

Plaveniny a sedimenty Mže a Berounky vykazují dlouhodobě mírné znečištění antimonem, kadmiem, olovem, zinkem, a na Berounce pod Plzní a v Srbsku jsou v plaveninách občasně měřeny také mírně zvýšené obsahy rtuti. Pro plaveniny a sedimenty dolního toku Berounky v Srbsku jsou typické vyšší obsahy kadmia, které pravděpodobně souvisí s kontaminací povrchové vody přítoku Litavky vodami z příbramské důlní oblasti. Z pesticidů se vyskytuje v mírně zvýšených obsazích nejčastěji trifluralin v plaveninách Berounky pod Plzní a v Srbsku. Mírně zvýšené jsou v oblasti rovněž obsahy většiny látek skupiny PAU a sumy PCB, celkově však nedosahují republikově významných hodnot.

Oblast povodí dolní Vltavy

Pevné matrice vykazují setrvale relativně nízké znečištění, a to jak na Sázavě, tak na Vltavě v závěrovém profilu pod Prahou. Pouze na Sázavě pod Zručí byly do roku 2006 občasně zaznamenávány v plaveninách i sedimentech zvýšené a ojediněle až rizikové obsahy olova, v současné době již jeho hodnoty odpovídají nejvýše mírnému znečištění. V závěrovém profilu Vltavy v Zelčíně je obvykle měřeno mírné znečištění všemi sledovanými kovy (antimon, kadmium, kobalt, zinek, rtuť, nikl, měď, olovo), dále látkami skupiny PAU, PCB a pouze v ojedinělých případech pesticidy (alachlor, beta HCH, endrin, trifluralin). V případě obsahů kadmia je v plaveninách Vltavy pozorován od roku 2006 mírný nárůst hodnot, obsahy rtuti dlouhodobě kolísají bez náznaku trendu. Rovněž v sedimentech Sázavy a Vltavy jsou všechny hodnocené látky obsaženy v množstvích odpovídajících nejvýše mírnému znečištění.

Oblast povodí Odry

Významnější znečištění toků v regionu ostravské průmyslové aglomerace dokládají dřívější i současné nálezy zvýšených obsahů nebezpečných látek v pevných matricích na Odře a Ostravici. Na Odře v Bohumíně a na Ostravici v Ostravě byly v letech 1999 – 2002 měřeny relativně vysoké obsahy rtuti a kadmia, signalizující až zvýšené znečištění. Po roce 2002 byl zaznamenán významnější pokles zejména v obsazích kadmia, pravděpodobně v souvislosti s omezením některých průmyslových aktivit v regionu a v současné době jejich obsahy indikují nejvýše mírné znečištění. Podobný trend naznačují také časové řady obsahů kadmia v sedimentech. Obsahy kadmia na Ostravici v Ostravě patří dlouhodobě k nejvyšším měřeným hodnotám v rámci monitorovací sítě. V obsazích rtuti byl zjištěn pokles na hodnoty

indikující nejvýše zvýšené znečištění zejména na Ostravici v Ostravě po roce 2001. V profilu Odry v Bohumíně pod ostravskou aglomerací obsahy rtuti spíše dlouhodobě kolísají při limitu mírného znečištění s občasným výskytem vysokých hodnot v kategorii až rizikového znečištění. Výskyt těchto extrémů byl četněji zaznamenán po roce 2006 a rovněž výsledky za rok 2009 potvrzují mírné zhoršení imisní situace. Z dalších kovů je charakteristický výskyt vyšších obsahů zinku na Odře v Bohumíně a na Olši ve Věřňovicích. Z organických látek se ve významnějších obsazích vyskytují v oblasti především látky skupiny PAU se zvýšeným až rizikovým benzo(a)perenu na Odře v Bohumíně, na horní Odře v Jakubčovicích a ojediněle na Ostravici v Ostravě. Rozbory sedimentů na všech sledovaných profilech oblasti povodí Odry, včetně závěrového profilu Odry v Bohumíně, dokumentují mírné znečištění kadmiem, rtutí zinkem, olovem a látkami skupiny PAU. Nejvyšší obsahy znečišťujících látek zejména rtuti a PAU jsou dlouhodobě měřeny v hraničním profilu Odry v Bohumíně. Zvýšená kontaminace byla zjištěna v sedimentech pouze ojediněle a to na Odře v Bohumíně v obsahu benzo(a)pyrenu.

Oblast povodí Moravy

Relativně nižší úroveň znečištění ve srovnání s oblastí povodí Odry nebo Labe dokumentují plaveniny a sedimenty povodí Moravy. Obsahy polutantů jsou většinou stabilnější bez extrémních výkyvů a celkově odráží dlouhodobě setrvalou mírnou kontaminaci povodí. Výjimkou jsou látky skupiny PAU, z nichž se zejména na horním toku Moravy v Raškově a v závěrovém profilu Bečvy často vyskytuje ve zvýšených až rizikových koncentracích zejména benzo(a)pyren, případně benzo(b)fluoranthen. Mírně zvýšené obsahy PAU jsou měřeny na celém středním toku Moravy. Těžké kovy v plaveninách jsou přítomny většinou v úrovni nízkých přirozených hodnot, v případě kadmia a zinku ve většině případů v úrovni mírného znečištění. Kadmium je dlouhodobě měřeno v nejvyšších obsazích (srovnatelných s výskytem pod ostravskou aglomerací) na horním toku Moravy v Raškově. Chrom a nikl se ojediněle vyskytuje v mírně zvýšených obsazích na Olšavě a v závěrovém profilu Moravy. Obsahy rtuti jsou mírně rozkolísané, na středním úseku Moravy byl po roce 2004 zaznamenán mírný pokles obsahů rtuti z kategorie zvýšeného znečištění na úroveň hodnot bez znečištění. Typický je pro oblast povodí četnější výskyt a vyšší obsahy pesticidů. V mírně zvýšených obsazích byl měřen p,p´DDT a p,p´DDE na Olšavě v Uherském Brodu a na Moravě ve Spytihněvi, trifluralin v nejvyšších hodnotách na Moravě v Kroměříži a Spytihněvi a na Bečvě v Troubkách. Dalším typickým kontaminantem oblasti jsou chlorfenoly, které jsou měřeny ve významnějších obsazích pouze v oblasti povodí Moravy a Dyje. Rovněž v sedimentech se obsahy většiny sledovaných látek pohybují nejčastěji v úrovni přirozeného pozadí až mírně zvýšeného zatížení a mezi jednotlivými úseky toků nebyly zjištěny významné rozdíly. Limit zvýšeného nebo rizikového znečištění byl překročen pouze v obsazích benzo(a)pyrenu a benzo(a)antracenu na horní Moravě v Raškově a na Moravě ve Spytihněvi. Z pesticidů byl v mírně zvýšených obsazích zjištěn na horní Moravě alachlor, na Olšavě isodrin, trifluralin a na Dřevnici pod Zlínem hexachlorbenzen. Jako nejméně znečištěný úsek je rámci oblasti povodí hodnocena Morava v hraničním profilu Lanžhot, kde nebyly zjištěny žádné sledované látky v nadlimitních obsazích.

Oblast povodí Dyje

Podobně jako v oblasti povodí Moravy je i kontaminace plavenin a sedimentů na Dyji a jejich přítocích převážně mírná. Na přítocích Dyje se vyskytuje v plaveninách mírné znečištění antimonem, kadmiem, zinkem, niklem a mědi, na Svitavě a zejména na Svratce pod Brnem také mírné znečištění rtutí a na Jihlavě mírné znečištění chromem. Zvýšené až rizikové zatížení je vyhodnoceno pouze na Svitavě v profilu Bílovice u látek skupiny PAU v obsazích benzo(a)pyrenu, případně benzo(a)antracenu. Mírné až zvýšené znečištění se v průběhu monitoringu vyskytovalo na všech tocích také v obsazích di- a monochlorfenolů. Z pesticidů byl v plaveninách měřen v mírně zvýšeném množství (kat. A2) p,p´DDT s maximem na Svratce pod Brnem, trifluralin a ojediněle i hexachlorbenzen na Svratce pod Brnem a na

Svitavě v Bílovicích. Také v sedimentech je úroveň kontaminace kovy a organickými látkami převážně nízká v úrovni mírného znečištění , pouze v sedimentech Svitavy v profilu Bílovice jsou měřeny celkově nejvyšší obsahy látek PAU a ojediněle se vyskytuje i zvýšená kontaminace benzo(a)pyrenem.. V hraničním profilu Dyje v Pohansku se mírné znečištění sedimentů v posledních pěti letech snížilo a dnes jsou obsahy sledovaných látek, s výjimkou několika látek skupiny PAU, hodnoceny většinou jako přirozené hodnoty bez znečištění.

4. Závěr

Obsahy sledovaných látek v plaveninách a sedimentech z dlouhodobého pohledu celkově více či méně kolísají, přičemž se jako rozhodující jeví přítomnost a aktivita zdrojů znečištění ve vazbě na bývalé i stávající průmyslové emitenty a rovněž výskyt srážkoodtokových situací, během nichž jsou do toků prostřednictvím splachů z krajiny přinášeny potenciálně kontaminované nerozpuštěné látky. Celkově nižší a zdá se stabilnější obsahy polutantů jsou monitorovány v sedimentech (dlouhodobější záznam znečištění), v plaveninách (aktuální znečištění transportované tokem) jsou obsahy rozkolísanější s častějšími výskyty extrémních a odlehlých hodnot. Hodnocení vývoje znečištění je vzhledem k rozkolísanosti dat a relativně malé četnosti vzorkování obtížné. Na některých profilech lze pozorovat diskrétní trend snižování kontaminace některými látkami, ale ve většině případů měřené hodnoty obsahů kolísají kolem jisté „střední“ hodnoty s ojedinělými signály zhoršení zejména v dlouhodobě problémových lokalitách. Vliv povodňových průtoků v letech 2002 a 2006 nelze v datovém souboru časových řad jednoznačně identifikovat a doložit.

Z hlediska negativních účinků na vodní organismy a zdraví člověka lze jako nevyhovující chemický stav pevných matric hodnotit dle použitého normativu setrvalý výskyt vysokých obsahů arsenu, berylia a rtuti na Ohři a Bílině v průmyslovém regionu severních Čech a vyšších obsahů hexachlorbenzenu na Bílině a dolním Labi. Přetrvávající dlouhodobou kontaminaci životního prostředí signalizuje na většině toků mírně zvýšené znečištění plavenin kadmiem a lokálně znečištění látkami skupiny PAU (Lužická Nisa, Otava, horní Labe, Odra, horní Morava). Antropogenní vlivy jsou doložitelné znečištěním pevných matric rovněž na středním Labi, v povodí Odry na Ostravsku, na Lužické Nise, na středním toku Moravy a na Svratce pod Brnem. Pozitivním zjištěním je trend snižování obsahů arsenu a hexachorbenzenu na Bílině a dolním Labi a pokles obsahů kadmia na tocích pod ostravskou aglomerací. Monitoring v roce 2009 neprokázal v kontaminaci plavenin a sedimentů zásadní změny. Zaznamenán byl nárůst počtu lokalit s nadlimitními obsahy látek skupiny PAU, zejména benzo(a)pyrenu a benzo(a)antracenu v plaveninách. Vedle tradičně zatížených lokalit jako je Odra pod ostravsko-karvinskou aglomerací, Svitava v Bílovicích a horní Morava v Raškově, jde o horní úseky Labe a Vltavy a menší přítoky.

Monitorovací programy sledování chemického stavu vod realizované v rámci implementace Rámcové směrnice o vodách přináší základní důležité informace nezbytné k hodnocení stavu povrchových vod. Nadstavbové zpracování získaných dat zahrnující kvalitativně normativní hodnocení a statistické analýzy, odhalující funkční mechanismy říčního ekosystému (i v širších vazbách než jsou průtok vody, transport plavenin a kontaminace vod, plavenin nebo sedimentů), mohou vést k dalšímu podrobnějšímu poznání procesů řídících a ovlivňujících kvalitu říčního ekosystému a rovněž ke zkvalitnění opatření a legislativní regulace s cílem eliminace nebezpečných látek ve vodním prostředí. Současně je však zapotřebí optimalizovat počty vzorků s přiměřeným rozsahem měřitelných látek tak, aby byla vyvážena informační kvalita výstupu, naplnění sledovaných cílů a odpovídající finanční náročnost monitorovacích programů.

Kontakty na autora

1 Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno,
e-mail: dusan.hypr@chmi.cz, jarmila.halirova@chmi.cz