Atmosférická depozice jako možný zdroj znečištění povrchových vod

(Předběžné výsledky projektu, část 1. — těžké kovy)

SILVIE SEMERÁDOVÁ, JULIE SUCHAROVÁ, TOMÁŠ MIČANÍK, FRANTIŠEK SÝKORA, LUCIE JAŠÍKOVÁ

Klíčová slova: depozice atmosférická — voda povrchová — zdroje znečištění

SOUHRN

Na pilotních lokalitách v Jizerských horách, Moravskoslezských Beskydech a na Českomoravské vrchovině byly v průběhu jednoho roku sledovány koncentrace vybraných těžkých kovů v atmosférické depozici a povrchové vodě s cílem určit významnost vlivu srážek na kvalitu povrchových vod v antropogenně málo ovlivněném prostředí. Dosažené výsledky ukazují, že u vybraných kovů může atmosférická depozice v některých případech představovat významný vnos do povrchových vod. Na výslednou bilanci látkového odnosu má zásadní vliv charakter prostředí a jeho zatížení v minulosti.

ÚVOD

Rámcová směrnice o vodách (2000/60/ES) [1] ukládá členským zemím EU v pravidelných šestiletých cyklech hodnotit stav podzemních a povrchových vod. V případech nedosažení dobrého chemického a/nebo ekologického stavu je třeba určit zásadní vlivy způsobující tuto situaci a navrhnout opatření pro její zlepšení. Z hodnocení stavu útvarů povrchových vod, které v ČR probíhá od roku 2009 podle české legislativy ve tříletých cyklech, opakovaně vychází vysoký podíl vodních útvarů nedosahujících dobrého chemického stavu v případě některých prioritních látek podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., a dobrého ekologického stavu v případě některých specifických nebezpečných látek [2, 3]. Nedosažení dobrého stavu pro některé skupiny látek je zaznamenáno i ve vodních útvarech, kde lze většinu potenciálních antropogenních vlivů vyloučit, a u nichž je tedy možným hlavním vlivem přenos znečištění do vodního prostředí z ovzduší prostřednictvím atmosférické depozice. Mezi tyto skupiny patří zejména těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU).

Projekt TA ČR SS01010231 *„Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek"* se touto problematikou zabývá. Projekt navazuje na metodiku [4], která mimo jiné na základě dostupných dat navrhuje postupy pro posouzení rizikovosti útvarů povrchových vod z hlediska atmosférické deopozice. Hlavním problémem této části metodiky byla nedostupnost aktuálních a plošných dat a neověřenost postupů při jejich využití. Cílem projektu je alespoň částečně tato chybějící data a postupy doplnit. Částí řešení projektu je i kvantifikace znečištění v různých složkách životního prostředí pomocí terénního monitoringu ve vybraných pilotních lesních povodích. Cílem této činnosti je ověřit, nakolik mohou jednotlivé látky ovlivnit situaci v reálném prostředí, a vytipovat další faktory zvyšující riziko prostupu kontaminace do vodního prostředí.

Vzhledem k šíři problematiky a množství výsledků nebylo možné všechny zjištěné poznatky zpracovat v rámci jednoho příspěvku. Tento článek prezentuje výsledky zastoupení vybraných těžkých kovů v matricích povrchová voda a srážková voda, jež byly jímány jako podkorunová (throughfall) a celková mokrá depozice (bulk). Problematice PAU, podrobnějšímu hodnocení vztahů mezi zatížením jednotlivých složek životního prostředí a využívání biologických materiálů jako indikátoru antropogenních vlivů budou věnovány další samostatné příspěvky.

TĚŽKÉ KOVY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Těžké kovy kvůli svým toxickým účinkům představují významný zdroj znečištění povrchových vod [5–7]. Směrodatné pro určení nebezpečnosti kovů pro životní prostředí jsou tři vlastnosti: odolnost, bioakumulace a toxicita. Těžké kovy, které jsou odolné a zároveň bioakumulativní, jsou nebezpečnější, protože se mohou akumulovat v organismech a transportovat z jednoho prostředí do jiného [8]. Z kovů, jež se v povrchové vodě vyskytují nejčastěji a představují riziko pro životní prostředí, lze jmenovat zejména rtuť, olovo, kadmium, nikl a arsen [9, 10]. Za jejich výskyt v prostředí jsou zodpovědné kromě přírodních příčin i antropogenní aktivity, zejména spalování fosilních paliv, průmyslové činnosti (metalurgie, povrchová úprava kovů a smaltování), používání barev a pigmentů a zemědělství [11, 12]. Emisemi se těžké kovy dostávají do atmosféry a ze vzduchu následně depozicí do vod a půd [13]. Sloučeniny kovů se v atmosféře vyskytují ve formě částic, které se sorbují na částice aerosolu. Množství kovů v aerosolu se mění v průběhu roku [14]. Dalšími faktory, jež ovlivňují množství kovů v atmosféře, jsou meteorologické podmínky, umístění lokality, možnosti dálkového transportu a množství emisí [15]. V atmosféře může probíhat kvůli vzdušným masám dálkový transport částic, proto lze nalézt vysoké hodnoty znečištění těžkými kovy i v místech bez přímého zdroje znečištění [16, 17]. Z atmosféry se těžké kovy přenášejí k zemskému povrchu depozicí, která je hnána gravitační silou a může probíhat prostřednictvím dvou mechanismů: suchou a mokrou depozicí. Suchá depozice je pomalejší a není závislá na srážkách, kdežto mokrá depozice je rychlejší a je ovlivněna množstvím srážek a rychlostí záchytu částic na povrch kapek [18].

POUŽITÉ METODY

V rámci projektu byly zkoumány a hodnoceny látky, jež způsobují nedosažení dobrého stavu vod a zároveň se u nich předpokládá významný přenos ovzduším. Tímto způsobem byly vybrány těžké kovy arsen (As), kadmium (Cd), rtuť (Hg), nikl (Ni) a olovo (Pb). Z hlediska kategorizace látek závadných pro vodní prostředí je třeba zmínit, že arsen náleží ke specifickým znečišťujícím látkám, ostatní kovy řešené v projektu k prioritním látkám, a kadmium a rtuť dokonce k prioritním nebezpečným látkám.

Pro porovnání přítomnosti vybraných prvků v různých složkách životního prostředí byly v modelových povodích prováděny odběry následujících matric:

- atmosférická mokrá depozice s prašným spadem na volné ploše (bulk) (měsíčně*),
- podkorunová depozice (throughfall) (měsíčně*),
- povrchová voda (měsíčně),
- říční sediment (2× v průběhu roku),
- humus – biologicky stabilní humifikační vrstva (H, Oh horizont), po odstranění opadu (Ol) a fermentačního horizontu (Of) v nadloží (1× – vzorky reprezentují delší časové období),
- mech (1× – vzorky reprezentují delší období).

Pozn.*: Pro stanovení zájmových polutantů v atmosférické depozici bylo potřeba získat dostatečný objem vzorků. V případech nedostatečného množství srážek byly vzorky odebírány po dvouměsíční expozici.

Ve vodních matricích byla zjišťována celková koncentrace As, Cd, Hg, Ni a Pb metodami hmotnostní spektrometrie a AAS-Hg. Bodové vzorky povrchové vody byly v první části projektu vyhodnocovány metodou ETA-AAS pro kovy a AMA 254 pro rtuť. To je i důvodem vyšších mezí stanovitelnosti u části výsledků (u povrchové vody v prvním půlroce sledování).

Obr. 1. Umístění pilotních lokalit
Fig. 1. Location of pilot areas

Pro řešení projektu byla vybrána modelová lesní mikropovodí, která vyhovovala monitorování všech výše uvedených matric a kde zároveň kromě vlivu vlastní atmosférické depozice nebyly přítomny další antropogenní zdroje znečištění. Jako pilotní území byla zvolena následující povodí:

- Oblast východně od ostravské a třinecké aglomerace, která je vzhledem k převládajícímu proudění vzduchu silně zatížena PAU a těžkými kovy z tamní energetiky a průmyslu, ale zároveň jde o hornatou a lesnatou oblast bez přímých vypouštění do vodního toku. Modelová horní část povodí Suchého potoka ve východní části katastrálního území obce Bystřice má po bod odběru vzorků rozlohu 0,462 km^2. Suchý potok je součástí povodí útvaru HOD_750 – Hluchová od pramene po ústí do Olše, který ve třetím plánovacím cyklu nedosahuje dobrého stavu z důvodu přítomnosti PAU. Jiná překročení NEK (normy environmentální kvality) nebyla zjištěna. Ve výsledných tabulkách je povodí podle nejbližší obce označováno Bystřice (BY).

Obr. 2. Srážkoměrné nádoby umístěné na lokalitě Bystřice
Fig. 2. Precipitation sampling in Bystřice pilot area

— Oblast Českomoravské vrchoviny, která je považována za území s čistým ovzduším, ovlivněným převážně jen lokálními topeništi. V této lokalitě se navíc v současné době rozšiřují oblasti s významnou těžbou dřeva po kůrovcové kalamitě. Je tedy možné sledovat, jakým způsobem se odlesnění a těžba podílejí na splachu nebezpečných látek. Naopak bylo potřeba se vyhnout místům se současnou i minulou těžbou nerostných surovin. Modelové povodí Lesního potoka, přítoku Anenského potoka na severovýchodním okraji katastrálního území obce Košetice a nedaleké stejnojmenné meteorologické stanice, má po bod odběru rozlohu 0,292 km^2. Potok je součástí povodí útvaru DVL_0440 Martinický potok, který dosahoval v druhém i třetím cyklu dobrého chemického stavu a NEK pro vybrané látky nebyly překročeny. Ve výsledných tabulkách je povodí podle nejbližší obce označováno Košetice (KO).

— Oblast Jizerských hor, jež byla v minulosti silně zasažena zejména emisemi kadmia a dalších kovů z blízkého sklářského průmyslu a případně z uhelných elektráren na polské straně Jizerských hor (v posledních letech ale došlo ke zlepšení stavu ovzduší). Modelové povodí Hřebového (někdy také Hřebenového) potoka, který je levostranným přítokem vodní nádrže Souš v k. ú. obcí Desná a Kořenov, má po bod odběru rozlohu 1,029 km^2. Potok leží v povodí vodního útvaru HSL_1896_J – Nádrž Souš na toku Černá Desná, který ve druhém plánovacím cyklu nedosahoval dobrého chemického stavu z důvodů překročených NEK pro kadmium, ve třetím cyklu nebyl klasifikován. Ve výsledných tabulkách je povodí podle nejbližší obce označováno Desná (DE).

V těchto lokalitách byly v blízkosti vodoteče umístěny srážkoměrné nádoby a vždy na konci daného období byl odebrán směsný vzorek srážek (zachycený za celé období jednoho, případně dvou měsíců). Pro podkorunovou expozici (throuhgfall) byl vybrán jehličnan (ve všech třech lokalitách smrk), protože jímání srážek bylo prováděno i v zimním období. Svrchní část srážkoměrů byla v období bez sněhu opatřena ochrannou síťkou, aby se spad hrubých pevných částic ani hmyz nedostaly do jímané vodní fáze. Objem zachycených srážek byl měřen. Každá odběrová kampaň byla fotograficky dokumentována. Současně s odběrem srážek byl v blízkosti srážkoměrné stanice proveden bodový odběr povrchové vody z vodního toku. Instalace srážkoměrů první vzorkovací kampaně proběhla ve dnech 6. října 2020 (BY), 7. října 2020 (KO) a 8. října 2020 (DE).

K jednotlivým kampaním byl připojen údaj o množství srážek získaný od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a potvrzený vlastním měřením v daných lokalitách. Průtok ve vodním toku v době odběru vzorků byl proveden odhadem, analogií podle průtoků na nejbližších vodoměrných stanicích ČHMÚ. Poměr průtoku ve sledovaném bodě experimentální lokality a na nejbližší vodoměrné stanici byl roven poměru rozloh povodí daných bodů.

Obr. 3. Hřebový potok v lokalitě Desná
Fig. 3. Locality Desná – Hřebový stream

Obr. 4. Nádoba na zachycení srážek typu bulk pro analýzu kovů v pilotním území Košetice (vlevo: stav 6. listopadu 2020, vpravo: stav 7. ledna 2021)
Fig. 4. Bulk precipitation sampling in Košetice pilot locality (left: state 6 November 2020, right: state 7 January 2021)

Tab. 1. Množství srážek a průtoky v době měření na jednotlivých lokalitách
Tab. 1. Monthly precipitation amounts and flows at the time of measurement at individual sites

Kampaň	**Datum**		**Srážky [mm]**			**Průtok [m³.s⁻¹]**		
	DE, BY	KO	BY	DE	KO	BY	DE	KO
1	5. 11. 2020	6. 11. 2020	190,8	176,6	55,9	0,19	0,021	0,0008
2	7. 12. 2020	8. 12. 2020	22	35,1	9,2	0,003	0,033	0,0005
3	6. 1. 2021	7. 1. 2021	51	58,7	27,1	0,007	0,009	0,0004
4	5. 2. 2021	6. 2. 2021	122,2	124,3	65,1	0,018	0,118	0,0024
5	5. 3. 2021	8. 3. 2021	90,1	24,8	10	0,017	0,201	0,0014
6	6. 4. 2021	7. 4. 2021	89,6	73,9	21,2	0,012	0,026	0,0008
7	6. 5. 2021	7. 5. 2021	151,8	89,1	42,2	0,008	0,096	0,0008
8	7. 6. 2021	8. 6. 2021	179,2	88	86,8	0,005	0,182	0,0008
9	7. 7. 2021	8. 7. 2021	75,5	100,6	69,1	0,001	0,014	0,0015
10	6. 8. 2021	9. 8. 2021	192,1	164,2	126,9	0,001	0,016	0,001
11	6. 9. 2021	7. 9. 2021	224,8	144,6	19,9	0,017	0,011	0,0004
12	6. 10. 2021	7. 10. 2021	83,2	74,4	31,9	0,025	0,066	0,0004
Celkové srážky [mm]	-	-	1 472,3	1 154,3	565,3	-	-	-
Průměrný průtok [m³.s⁻¹]	-	-	-	-	-	0,025	0,066	0,0009

Výjimkou byla lokalita v Košeticích, kde byl převzat údaj z pravidelných měření prováděných ČHMÚ.

Na základě množství srážek a zjištěných koncentrací sledovaných parametrů znečištění ve srážkách byl vypočten odhad celkového spadu pro dané experimentální povodí podle vzorce:

$$RS = \sum Sx * Cx$$

kde RS je roční spad v daném povodí
Sx množství srážek v daném měsíci na plochu povodí
Cx koncentrace znečišťující látky ve vzorku typu throughfall daného měsíce

Odhad ročního látkového odnosu vodotečí pro danou znečišťující látku by vypočten na základě vypočteného průtoku a zjištěných koncentrací podle vzorce:

$$LOD = \sum Qx * Cx * d$$

kde LOD je látkový odnos
Qx okamžitý průtok v době odběru
Cx koncentrace látky v bodovém vzorku
d délka období, k němuž je hodnota vztažena, v tomto případě jeden měsíc

Hodnoty pod mezí stanovitelnosti nebyly do průměru započítány, pro účely výpočtu látkového odnosu byl místo koncentrací pod mezí stanovitelnosti použit průměr ze skutečně naměřených hodnot v případě, že byl tento menší než mez stanovitelnosti, a mez stanovitelnosti v případě, že byl průměr ostatních hodnot vyšší. Obvyklý postup s využitím poloviny meze stanovitelnosti nebyl použit, protože porovnání výsledků obou metod stanovení ukazují na velkou relativní chybu tohoto postupu.

VÝSLEDKY

Vzhledem k rozdílným vlastnostem sledovaných látek jsou výsledky pro každý kov uvedeny samostatně. Informativně je pro srovnání uveden limit dobrého stavu povrchových vod vycházející ze Směrnice 39/2013/EU [19] v případě prioritních látek niklu, kadmia, olova a rtuti a z metodiky hodnocení ekologického stavu povrchových vod [20] v případě arsenu. Hodnota NEK znamená, jak již bylo zmíněno, normu environmentální kvality, rp roční průměr a hodnota NEK npk nejvyšší přípustnou koncentraci. Dále je uveden počet útvarů povrchových vod, u kterých byl překročen limit pro dobrý stav při vyhodnocení pro druhé, resp. třetí plány povodí. Celkový počet útvarů povrchových vod činí 1 121, resp. 1 118 v druhém a třetím plánovacím cyklu. Počet nevyhovujících útvarů vypovídá o významu látky z hlediska hodnocení stavu povrchových vod. Významné rozdíly mezi vyhodnocením v druhém a třetím cyklu u niklu a olova jsou způsobeny mimo jiné i změnami v metodikách hodnocení, tedy využitím stanovení biodostupnosti kovů v hodnocení chemického stavu pro třetí plánovací cyklus. Metodikami a výsledky vyhodnocení stavu se zabývá podrobněji [3]. V *tab. 2–6* jsou červenou barvou označeny hodnoty, které jsou vyšší, než jsou hodnoty norem environmentální kvality pro dobrý stav povrchových vod. Přitom je nutno zdůraznit, že normy environmentální kvality jsou v případě Ni, Cd a Hg stanoveny pro rozpuštěnou formu kovů, zatímco v rámci projektu byla sledována jejich celková koncentrace, vyznačení hodnot nad NEK je tedy pouze orientační. Průměrná roční hodnota je porovnávána s hodnotou NEK rp, měření v jednotlivých měsících s hodnotou NEK npk.

Tab. 2. Výsledky měření celkového olova v povrchové vodě a ve srážkách
Tab. 2. Lead concentrations in surface and precipitation water

Pb [µg.l^{-1}]	Bystřice			Desná			Košetice		
Kampaň	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**
1	1,11	0,584	1,503	< 1,0	0,153	0,991	< 1,0	0,775	0,307
2	< 1,0	1,712	2,094	< 1,0	0,237	1,388	< 1,0	-	-
3	< 1,0	0,828	2,627	< 1,0	0,398	1,702	4,85	0,315	0,381
4	< 1,0	1,832	1,893	< 1,0	0,506	0,913	2,74	0,688	0,695
5	< 1,0	2,33	4,35	< 1,0	0,376	1,22	< 1	-	-
6	< 1,0	1,839	4,711	< 1,0	0,525	2,846	< 1	0,584	0,640
7	< 1,0	0,620	2,302	1,63	0,292	1,764	1,87	0,591	1,141
8	1,934	0,555	2,020	0,664	0,252	2,819	0,501	0,374	0,865
9	0,114	0,745	2,959	1,098	0,285	1,899	0,509	0,136	0,319
10	1,85	0,692	6,11	2,41	0,194	1,39	0,528	0,154	0,632
11	0,512	0,495	0,841	1,03	0,152	1,59	1,38	0,725	0,272
12	0,013	0,065	0,076	1,434	0,194	0,868	0,059	0,083	0,136
Průměr	0,922	1,025	2,624	1,378	0,297	1,616	1,554	0,444	0,534

Tab. 3. Výsledky měření celkového niklu v povrchové vodě a ve srážkách
Tab. 3. Nickel concentrations in surface and precipitation water

Ni [µg.l^{-1}]	Bystřice			Desná			Košetice		
Kampaň	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**
1	< 2,0	0,562	2,808	< 2,0	0,032	0,474	5,59	0,933	0,972
2	< 2,0	0,217	1,334	< 2,0	0,117	1,187	2,7	-	-
3	< 2,0	0,0789	0,0861	< 2,0	0,0861	1,2917	12,2	0,1461	0,9165
4	< 2,0	0,180	0,537	< 2,0	0,223	0,286	7,41	0,376	0,668
5	< 2,0	0,249	1,625	< 2,0	0,132	0,781	8,09	-	-
6	< 2,0	0,262	1,105	< 2,0	0,467	1,682	5,19	0,911	0,723
7	< 2,0	0,269	0,560	< 2,0	0,141	0,610	4,1	0,306	1,243
8	1,04	0,184	0,560	0,342	0,493	2,814	6,77	0,197	0,905
9	0,536	0,344	1,053	0,333	0,180	1,704	7,63	0,353	0,852
10	0,822	0,294	0,825	0,570	0,169	0,999	6,653	0,215	0,993
11	0,238	0,067	0,371	0,346	0,055	1,142	8,624	1,469	1,455
12	0,207	0,086	0,201	0,271	0,157	1,522	4,156	0,347	1,696
Průměr	0,569	0,233	0,922	0,372	0,188	1,208	6,593	0,526	1,005

Tab. 4. Výsledky měření celkového arsenu v povrchové vodě a ve srážkách
Tab. 4. Arsenic concentrations in surface and precipitation water

As [µg.l^{-1}]	Bystřice			Desná			Košetice		
Kampaň	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**
1	< 1,0	0,107	0,218	< 1,0	0,085	0,371	< 1,0	0,122	0,205
2	< 1,0	0,322	0,705	< 1,0	0,082	0,715	1,1	-	-
3	< 1,0	0,119	0,487	< 1,0	0,092	1,958	1,29	0,104	0,098
4	< 1,0	0,319	0,455	1,03	0,191	0,313	< 1,0	0,124	0,165
5	< 1,0	0,449	0,888	1,03	0,210	0,352	< 1,0	-	-
6	< 1,0	0,457	1,077	< 1,0	0,228	0,758	< 1,0	1,033	0,385
7	< 1,0	0,173	0,422	1,02	0,078	0,425	< 1,0	0,185	0,410
8	0,265	0,166	0,318	0,701	0,108	0,863	0,425	0,111	0,210
9	0,212	0,121	0,605	1,075	0,089	0,931	0,491	0,081	0,150
10	0,301	0,109	0,308	1,597	0,058	0,376	0,476	0,050	0,129
11	0,194	0,046	0,141	0,821	0,034	0,551	0,585	0,102	0,224
12	0,393	0,113	0,136	1,089	0,067	0,530	0,377	0,089	0,328
Průměr	0,273	0,208	0,480	1,045	0,110	0,678	0,607	0,262	0,232

Tab. 5. Výsledky měření celkového kadmia v povrchové vodě a ve srážkách (barevné označení hodnot nad NEK vychází z limitu pro třídu tvrdosti 1, tedy měkkou až velmi měkkou vodu)
Tab. 5. Cadmium concentrations in surface and precipitation water (concentrations above EQS hardness class 1 in red, annual mean is compared with AA EQS, monthly concentrations with MAC EQS)

Cd [µg.l^{-1}]	Bystřice			Desná			Košetice		
Kampaň	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**	**tok**	**bulk**	**throughfall**
1	< 0,1	0,035	0,0467	0,23	0,033	0,072	< 0,1	0,045	0,035
2	< 0,1	0,088	0,208	0,23	0,027	0,344	< 0,1	-	-
3	< 0,1	0,021	0,268	< 0,1	0,025	0,477	< 0,1	0,019	0,025
4	< 0,1	0,045	0,135	0,21	0,041	0,107	< 0,1	0,049	0,047
5	< 0,1	0,121	0,504	0,19	0,033	0,170	-	-	-
6	< 0,1	0,235	0,712	0,2	0,033	0,204	< 0,1	0,081	0,036
7	< 0,1	0,073	0,200	0,16	0,020	0,251	< 0,1	0,075	0,113
8	0,108	0,039	0,113	0,103	0,026	0,300	0,037	0,026	0,046
9	0,034	0,050	0,194	0,107	0,021	0,202	0,041	0,072	0,040
10	0,091	0,105	0,134	0,272	0,041	0,110	0,036	0,095	0,059
11	0,037	0,048	0,023	0,122	0,010	0,129	0,038	0,039	0,014
12	0,056	0,0679	0,012	0,256	0,018	0,129	0,020	0,0164	0,027
Průměr	0,065	0,077	0,213	0,189	0,027	0,208	0,034	0,051	0,042

Olovo

Hlavním zdrojem olova ve vodách je nyní především průmysl a dříve i doprava, přičemž významnou cestou jeho průniku do vodního prostředí je přenos prostřednictvím ovzduší. Po zákazu používání olovnatých paliv v roce 2001 se olovo dále dostává do vod vymýváním z kontaminované půdy. Limity dobrého stavu pro povrchové vody: NEK rp = 1,2 µg.l^{-1}, NEK npk = 14 µg.l^{-1}. Počet útvarů povrchových vod nesplňujících NEK v ČR v druhém/třetím plánovacím cyklu je 43/4.

Nikl

Vyskytuje se přirozeně v zemské kůře a je přítomen i v půdě. Může být emitován sopečnou činností. V průmyslu je nikl často využíván při výrobě baterií, v metalurgii a při výrobě elektroniky. V ovzduší se nikl vyskytuje hlavně v důsledku spalování fosilních paliv. Do vody se dostává převážně vymýváním z hornin a sedimentů. Limity dobrého stavu pro povrchové vody: NEK rp= 4 µg.l^{-1}, NEK npk= 34 µg.l^{-1}. Počet útvarů povrchových vod nesplňujících NEK v ČR v druhém/třetím plánovacím cyklu je 175/5.

Arsen

Přirozeně se vyskytuje v zemské kůře, může být též přítomen v rudných ložiscích uhlí. Do vody se může dostávat z důlních vod, do ovzduší pak spalováním některých druhů uhlí. Limit dobrého stavu pro povrchové vody: NEK rp = 11 µg.l^{-1}.Počet útvarů povrchových vod nesplňujících NEK v ČR v druhém/třetím plánovacím cyklu je 8/13.

Kadmium

Kadmium je v přírodě poměrně málo běžným prvkem. Do ovzduší se může dostat vulkanickou činností, při požárech nebo s prachovými částicemi při větrné erozi či spalováním fosilních paliv. V průmyslu se v omezené míře využívá při výrobě baterií, keramiky, elektroniky a textilních výrobků. Do povrchových vod proniká hlavně v rámci průmyslově vypouštěných vod a vod z důlní těžby neželezných kovů nebo přenosem z ovzduší.

Tab. 6. Výsledky měření celkové rtuti v povrchové vodě a ve srážkách . Barevně jsou vyznačeny hodnoty přesahující limit NEK pro povrchové vody
Tab. 6. Mercury concentrations in surface and precipitation water. Values exceeding the environmental quality standard limit for surface water are marked in red

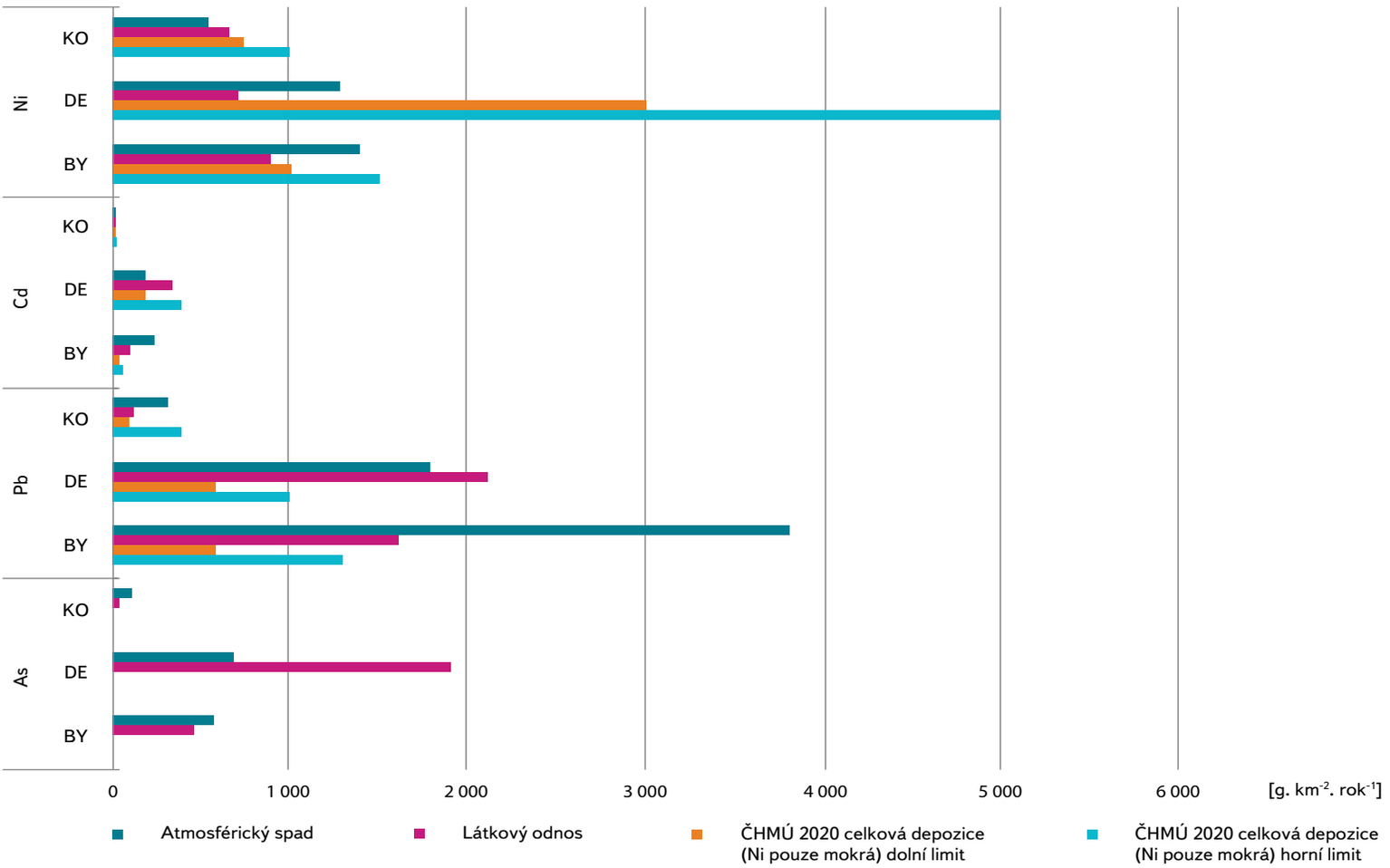
Hg [µg/l]	Bystřice			Desná			Košetice		
Kampaň	tok	bulk	throughfall	tok	bulk	throughfall	tok	bulk	throughfall
1	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	0,175	0,036
2	< 0,05	0,153	0,23	< 0,05	0,29	0,305	< 0,05	-	-
3	< 0,05	< 0,006	0,04	< 0,05	< 0,006	0,07	< 0,05	< 0,006	< 0,006
4	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	< 0,006	< 0,006
5	< 0,05	280	27,5	< 0,05	15	13,8	< 0,05	-	-
6	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	0,35	< 0,006
7	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,05	< 0,006	< 0,006
8	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
9	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
10	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
11	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006
12	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,067	0,087	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006

Tab. 7. Orientační srovnání koncentrací vybraných kovů v dalších sledovaných matricích
Tab. 7. Calculated annual atmospheric deposition and runoff in pilot areas

[mg.kg^{-1}]	Potoční sediment			Mech			Humus		
	BY	DE	KO	BY	DE	KO	BY	DE	KO
As	6,07	17,00	10,82	0,19	0,15	0,14	8,35	10,53	5,86
Cd	0,66	0,30	0,59	0,74	0,28	0,13	1,23	0,80	0,37
Hg	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,05	0,03	0,03	0,39	0,37	0,37
Ni	16,05	8,21	62,33	0,85	0,83	0,98	8,72	7,65	7,41
Pb	30,25	42,50	29,77	8,39	2,56	1,48	127,00	74,87	45,07

Tab. 8. Výpočet celkového spadu a látkového odnosu v daných lokalitách
Tab. 8. Calculation of atmospheric deposition and riverin load in pilot areas

Látka	**As**			**Pb**			**Cd**			**Ni**		
Lokalita	BY	DE	KO	BY	DE	KO	BY	DE	KO	BY	DE	KO
Atmosférický spad [g.rok^{-1}]	269	718	34	1 763	1 849	97	116	207	8	649	1 334	161
Atmosférický spad na jednotku plochy [g.km^{-2}.rok^{-1}]	583	697	115	3 817	1 797	331	250	201	27	1 404	1 296	553
ČHMÚ 2020 celková depozice [Ni pouze mokrá]	-	-	-	600–1 300	600–1 000	100–400	55–70	200–400	15–35	1 000–1 500	3 000–5 000	750–1 000
Látkový odnos [g.rok^{-1}]	219	1 982	17	752	2 191	40	50	364	1	417	739	195
Látkový odnos na jednotku plochy [g.km^{-2}.rok^{-1}]	474	1 926	57	1 628	2 129	138	108	354	3	903	718	667
Poměr odnosu a spadu [%]	81	276	49	43	118	42	43	176	13	64	55	121



Obr. 5. Výpočet atmosférického spadu a látkového odnosu na jednotku plochy
Fig. 5. Calculation of atmospheric deposition and riverin load per area

Limity dobrého stavu pro povrchové vody v závislosti na třídách její tvrdosti: NEK rp = ≤ 0,08 (třída 1), 0,08 (třída 2), 0,09 (třída 3), 0,15 (třída 4), 0,25 (třída 5), NEK npk = ≤ 0,45 (třída 1), 0,45 (třída 2), 0,6 (třída 3), 0,9 (třída 4) a 1,5 (třída 5) $\mu g.l^{-1}$.

Počet útvarů povrchových vod nesplňujících NEK v ČR v druhém/třetím plánovacím cyklu je 56/26.

Rtuť

Vyskytuje se přirozeně v horninách a půdách. Z globálního hlediska odráží zvýšený výskyt rtuti zóny recentní i dřívější tektonické a vulkanické aktivity.

Zvýšená koncentrace rtuti v přírodních vodách bývá důsledkem antropogenního znečištění. Sloučeniny rtuti mohou být obsaženy v odpadních vodách z některých druhů výrob, do ovzduší se může dostat spalováním fosilních paliv nebo větrným odnosem při povrchové těžbě.

Rtuť má vysoký kumulační potenciál, a to především v sedimentech a ve vodní flóře a fauně. Limit dobrého stavu pro povrchové vody: NEK npk = 0,07 $\mu g.l^{-1}$.

Počet útvarů povrchových vod nesplňujících NEK v ČR v druhém/třetím plánovacím cyklu je 75/95.

Tab. 7 uvádí porovnání hodnot naměřených v ostatních sledovaných matricích. Jde o průměrné hodnoty ze dvou až tří měření v případě potočního sedimentu a ze tří lokalit v každém povodí v případě mechu a humusu. Metodologie a podrobnější výsledky budou publikovány v dalším připravovaném článku, i souhrnné údaje však naznačují zvýšenou úroveň spadů u olova a kadmia v průmyslových lokalitách Desné a Bystřice a naopak relativně rovnoměrnou úroveň spadu u niklu, arsenu a rtuti.

Tab. 8 a *obr. 5* uvádějí přehled vypočteného atmosférického spadu a látkového odnosu absolutně i relativně na jednotku plochy v experimentálních lokalitách a porovnávají je s hodnotami uváděnými ČHMÚ [21].

Ze srovnání vypočtených relativních hodnot vyplývá, že nejvyšších hodnot spadu i látkového odtoku dosahují koncentrace olova, případně niklu, zatímco nejnižší hodnoty byly potvrzeny u kadmia.

Pro velikosti koncentrací jednotlivých látek v relativním atmosférickém spadu platí pořadí Pb > Ni > As > Cd s výjimkou Košetic, kde na prvním místě figuruje nikl (Ni > Pb > As > Cd). Pořadí velikosti látkového odnosu se v každé lokalitě různí, společné zůstávají nejnižší hodnoty v případě kadmia.

Košetice: Ni >> Pb > As >> Cd
Desná: Pb > As > Ni > Cd
Bystřice: Pb > Ni > As > Cd

DISKUZE

Provedená měření potvrzují, že znečištění srážek je v případě některých kovů srovnatelné se znečištěním povrchových vod. U znečištění srážek ani povrchové vody nebyla v případě kovů zaznamenána významná sezonnost. Je třeba poznamenat, že u povrchové vody je výsledek ovlivněn vysokou mezí stanovitelnosti v první polovině ročního sledování. Vypočtený atmosférický spad je porovnatelný s vypočteným látkovým odnosem v daném povodí, přestože oba výpočty jsou zatíženy značnou mírou nejistoty. Vyšší látkový odnos než spad byl podle očekávání zaznamenán na lokalitě Desná, kde se předpokládá vyšší zatížení vybranými kovy v minulosti. Bližší souvislosti bude možné vyhodnotit se zapojením hodnocení dalších sledovaných matric v experimentálních lokalitách.

Specifická zhodnocení pro jednotlivé kovy:

Olovo

Koncentrace olova se v dlouhodobém horizontu snižují [22] jak v ovzduší, tak i v povrchové vodě. Vypočtený atmosférický spad lze srovnat s hodnotami stanovenými v rámci jiných projektů, např. [7] uvádí na dvou lokalitách v Krkonoších v roce 2003 spad 5,8, resp. 9,3 $kg.km^{-2}.rok^{-1}$. Porovnáním s hodnotou vypočteného spadu na lokalitě Desná 1,797 $kg.km^{-2}.rok^{-1}$ to vypovídá o tom, že v uplynulých 17 letech došlo k významnému snížení depozice olova.

Koncentrace olova ve srážkách je srovnatelná s jeho koncentrací v povrchové vodě, v lokalitách zasažených průmyslem (zvláště metalurgickým zpracováním neželezných kovů) však může být i vyšší. Samotné koncentrace ve srážkách typu throughfall potom mohou dosahovat úrovně hodnot NEK, což by v případě dopadu na vodní plochu nebo v případě, kdy jsou srážkové vody odváděny do povrchových vod bez interakce s prostředím, představovalo riziko, pokud by šlo o rozpuštěnou formu olova ve srážkové vodě.

Vypočtený spad odpovídá hodnotám uváděným ČHMÚ pro rok 2020 v lokalitě Košetice, v ostatních lokalitách je vyšší, což může být způsobeno lokálními podmínkami (např. v lokalitě Bystřice byla vybrána zvláště exponovaná lokalita, ČHMÚ naopak pracuje s modelovanou sítí o kroku 1 km), případně časovým posunem (ČHMÚ rok 2020, měření v rámci projektu 10/2020–9/2021).

Nikl

Ve sledovaných lokalitách nebyly zjištěny zvýšené koncentrace niklu ve srážkách. V pilotním povodí Košetice byly odhaleny zvýšené koncentrace niklu v povrchové vodě, výrazný vnos niklu na lokalitě ze srážek se nepotvrdil. Dá se tedy předpokládat, že znečištění povrchové vody v lokalitě Košetice pochází z jiného zdroje, než je současná atmosférická depozice, čemuž odpovídá i vyhodnocení dalších matric.

Vypočtený spad odpovídá hodnotám udávaným ČHMÚ v lokalitě Bystřice, v lokalitách Desná a Košetice byly hodnoty vypočtené z dat získaných v rámci projektu nižší.

Arsen

Hodnoty ve srážkách v lokalitách ovlivněných těžbou a spalováním uhlí jsou vyšší, avšak hluboko pod hodnotou NEK pro povrchové vody. Nejvyšší hodnoty v povrchové vodě byly zachyceny na Desné, kde lze předpokládat vyšší zatížení v minulosti.

Kadmium

Nejnižší koncentrace ve srážkách i v povrchové vodě byly podle očekávání naměřeny v málo zatíženém povodí Košetice, jež sloužilo jako referenční lokalita ke zbývajícím dvěma. Vyšší koncentrace ve srážkách byly naměřeny v Bystřici a Desné, tedy lokalitách ovlivněných průmyslem a spalováním uhlí. Tyto zjištěné koncentrace jsou vyšší než hodnoty NEK pro povrchovou vodu, pokud neuvažujeme limitní hodnoty určené pro nejvyšší třídu tvrdosti a platnost hodnot NEK pro rozpuštěnou formu kadmia. Zatímco v lokalitě Bystřice byl zachycen nejvyšší spad, ale nižší látkový odnos, v Desné byl látkový odnos Hřebovým potokem naopak vyšší. Příčinou bude pravděpodobně vyšší zátěž daného území kadmiem v minulosti z blízkých zdrojů znečištění ovzduší (sklářský průmysl) s kumulací tohoto znečištění ve svrchních vrstvách půdy.

Vypočtený spad odpovídá hodnotám uváděným ČHMÚ, s výjimkou lokality Bystřice, kde je výrazně vyšší.

Rtuť

Vzhledem k častým hodnotám pod mezí stanovitelnosti nebylo možné stanovit celkový spad nebo látkový odnos. Rtuť se na modelových územích v povrchové vodě vyskytla pouze jednou (Desná) v koncentraci těsně pod limitem NEK. Ve srážkách můžeme sledovat dvě epizody, kdy byla rtuť měřitelná, dokonce na více lokalitách zároveň. Otazníkem je kampaň ukončená na začátku listopadu 2020, kdy se vyskytla zvýšená koncentrace rtuti na lokalitě Košetice. Na ostatních dvou územích se zvýšené koncentrace vyskytly až v prosincové kampani, musíme však uvážit, že kampaně v Košeticích byly uzavírány vždy o den později oproti ostatním dvěma lokalitám. U březnové kampaně se naopak zvýšené koncentrace rtuti v Košeticích vyskytují později a v nižších hodnotách – tady jde ovšem v důsledku nedostatku srážek o vzorek odebraný po dvouměsíční expozici. Tyto zvýšené koncentrace rtuti korelují s přechodem prachu ze Saharské pouště přes území ČR, přičemž v literatuře je potvrzeno [23], že oblasti vystavené pravidelně těmto jevům jsou zároveň více zatíženy rtutí. Výskyt rtuti v povrchové vodě je sporadický. Přesto vlivem vysokého bioakumulačního potenciálu dochází k jejímu významnému zastoupení v biotě, provázenému nedosahováním dobrého chemického stavu povrchových vod. Tento problém však není specifikem pouze České republiky, ale vzhledem k fyzikálně-chemickým vlastnostem rtuti a jejímu chování v rámci životního prostředí je problémem celosvětovým.

ZÁVĚR

Řešením projektu bylo potvrzeno, že znečištění ovzduší může mít prostřednictvím atmosférické depozice významný vliv na kvalitu povrchových vod. Podstatnou roli hraje také charakteristika prostředí včetně historické depozice. Toto riziko se projevuje zejména u olova a kadmia. U arsenu a niklu naopak ve zvolených lokalitách atmosférická depozice zřejmě ohrožení kvality povrchové vody nepředstavuje. Zvláštními vlastnostmi se vyznačuje rtuť, která kromě toho, že vyžaduje složitější laboratorní zpracování, vykazuje také mnohem výraznější výkyvy hodnot. Zejména ve srážkách se může množství rtuti měnit zásadním způsobem, zřejmě i v souvislosti se vzdálenými vnějšími vlivy.

Podrobnější popis zastoupení kovů ve sledovaných matricích v rámci tohoto projektu a vazeb mezi znečištěním jednotlivých složek životního prostředí přineseme v některém z dalších článků. Všechny dosavadní výstupy jsou dostupné na stránkách projektu [22].

Poděkování

Tento článek byl podpořen grantem TA ČR SS01010231 „Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek".

Literatura

[1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

[2] TUŠIL, P., RICHTER, P., VYSKOČ, P., DURČÁK, M., FILIPPI, R. Hodnocení stavu útvarů povrchových vod v České republice za období 2013–2015. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(6), s. 26–33. ISSN 0322-8916.

[3] MIČANÍK, T., VYSKOČ, P., PRCHALOVÁ, H., POLÁŠEK, M., NĚMEJCOVÁ, D., DURČÁK, M., RICHTER, P. Hodnocení stavu útvarů povrchových vod v České republice pro 3. plánovací období plánů povodí. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2020, 62(6), s. 4–18. ISSN 0322-8916.

[4] VYSKOČ, P., PRCHALOVÁ, H., MIČANÍK, T., ROSENDORF, P., KRISTOVÁ, A., SVOBODOVÁ, J., KODEŠ, V. *Metodika hodnocení dopadu emisí na vodní prostředí. Certifikovaná metodika*. 2014. 166 s.

[5] EDELSTEIN, M., BEN-HUR, M. Heavy Metals and Metalloids: Sources, Risks and Strategies to Reduce their Accumulation in Horticultural Crops. *Scientia Horticulturae*. 2018, 234, s. 431–444. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017. 12. 039

[6] FFANG, T., YANG, K., LU, W., CUI, K., LI, J., LIANG, Y., HOU, G., ZHAO, X., LI, H. An Overview of Heavy Metal Pollution in Chaohu Lake, China: Enrichment, Distribution, Speciation, and Associated Risk under Natural and Anthropogenic Changes. *Environmental Science Pollution Research*. 2019, 26, s. 29585–29596. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s11356-019-06210-x

[7] BUDSKÁ, E. Atmosférická depozice ekologicky významných látek na stanicích Hříběcí boudy a Rýchory v Krkonoších v roce 2003. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 2004, 46(3), s. 8. ISSN 0322-8916.

[8] DE FOREST, K. D., BRIX, K. V., ADAMS, W. J. Assessing Metal Bioaccumulation in Aquatic Environments: The Inverse Relationship between Bioaccumulation Factors, Trophic Transfer Factors and Exposure Concentration. *Aquatic Toxicology*. 2007, 84(2), s. 236–246. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007. 02. 022

[9] ALLAJBEU, S., QARRI, F., MARKU, E., BEKTESHI, L., IBRO, V., FRONTASYEVA, M. V., STAFILOV, T., LAZO, P., Contamination Scale of Atmospheric Deposition for Assessing Air Quality in Albania Evaluated from Most Toxic Heavy Metal and Moss Biomonitoring. *Air Quality. Atmosphere & Health*. 2017, 10, s. 587–599. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s11869-016-0453-9

[10] VYSKOČ, P., PRCHALOVÁ, H., MIČANÍK, T., ROSENDORF, P., KRISTOVÁ, A., SVOBODOVÁ, J. Postupy hodnocení významnosti zdrojů a cest emisí znečišťujících látek do vody. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2014, 56(1), s. 2–6. ISSN 0322-8916.

[11] LIU, L., LI, W., SONG, W., GUO, M. Remediation Techniques for Heavy Metal-Contaminated Soils: Principles and Applicability. *Science of The Total Environment*. 2018, 633, s. 206–219. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018. 03. 161

[12] MÜLLER, A., ÖSTERLUND, H., MARSALEK, J., VIKLANDER, M. The Pollution Conveyed by Urban Runoff: A Review of Sources. *Science of The Total Environment*. 2020, 709, 136125. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125

[13] CHEN, L., ZHOU, S., WU, S., WANG, C., HE, D. Concentration, Fluxes, Risks, and Sources of Heavy Metals in Atmospheric Deposition in the Lihe River Watershed, Taihu Region, Eastern China. *Environmental Pollution*. 2019, 255(2), 113301. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113301

[14] KIM, J. E., HAN, Y. J., KIM, P. R., HOLSEN, T. M. Factors Influencing Atmospheric Wet Deposition of Trace Elements in Rural Korea. *Atmospheric Research*. 2012, 116, s. 185–194. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012. 04. 013

[15] POPOOLA, L. T., ADEBANJO, S. A., ADEOYE, B. K. Assessment of Atmospheric Particulate Matter and Heavy Metals: A Critical Review. *International Journal Environmental Science and Technology*. 2018, 15, s. 935–948. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s13762-017-1454-4

[16] SCHULTOW, A., SCHRÖDER, W., NICKEL, S. Atmospheric Deposition and Element Accumulation in Moss Sampled across Germany 1990–2015: Trends and Relevance for Ecological Integrity and Human Health. *Atmosphere*. 2021, 12(2), s. 193. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/atmos12020193

[17] SUCHARA, I., FLOREK, M., GODZIK, B., MAŇKOVSKÁ, B., RABNECZ, G., SUCHAROVÁ, J., TUBA, Z., KAPUSTA, P. *Mapping of Main Sources of Pollutants and their Transport in the Visegrad Space. Part 1: Eight Toxic Metals*. Praha: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., 2007, s. 127. ISBN 978-80-85116-53-3. ISBN 978-80-85116-55-7. ISBN 978-80-85116-54-0.

[18] WRIGHT, L. P., ZHANG, L., CHENG, I., AHERNE, J., WENWORTH, G. R. Impacts and Effects Indicators of Atmospheric Deposition of Major Pollutants to Various Ecosystems – A Review. *Aerosol and Air Quality Research*. 2018, 18(8), s. 1953–1992. Dostupné z: https://doi.org/10.4209/aaqr.2018. 03. 0107

[19] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 39/2013/EU ze dne 12. srpna 2013, kterou se mění směrnice 2000/60/ES a 2008/105/ES, pokud jde o prioritní látky v oblasti vodní politiky.*

[20] DURČÁK, M. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) – specifické znečišťující látky. Metodika VÚV TGM, v. v. i.* Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2011. 11 s.

[21] *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020. Zpráva ČHMÚ, část IX. Atmosférická depozice na území České republiky.* (vid. 4. květen 2022). Dostupné z: s://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_09_depozice_v3.pdf

[22] *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020. Zpráva ČHMÚ,* část těžké kovy. (vid. 4. květen 2022).ps://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_04_6_tezke_kovy_v3.pdf

[23] Bailey, N. *Saharan Dust as a Mercury Transport Vector. A Thesis Submitted to the Faculty of Graduate Studies of the University of Manitoba*. Winnipeg: Department of Environment and Geography University of Manitoba, 2021. 115 s. Dostupné z: pace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/35944/Bailey_Neal.pdf?sequence=1 & isAllowed=y.

[24] *Stránky projektu Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek*. (vid. 31. květen 2022). Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/-datovesady/projekty/atmosferickadepozice/default.asp?

Autoři

Mgr. Silvie Semerádová[1]
✉ silvie.semeradova@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-6633-9424

Ing. Julie Sucharová, Ph.D.[2]
✉ julie.sucharova@vukoz.cz
ORCID: 0000-0002-1370-6681

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.[1]
✉ tomas.micanik@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-5867-0985

Ing. František Sýkora[1]
✉ frantisek.sykora@vuv.cz
ORCID: 0000-0003-1003-0935

Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D.[1]
✉ lucie.jasikova@vuv.cz
ORCID: 0000-0001-5209-406X

[1]Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
[2]Výzkumný ústav Silva Tarouca pro krajinu a okrasné zahradnictví

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022.05.006

ATMOSPHERIC DEPOSITION AS A POSSIBLE SOURCE OF SURFACE WATER POLLUTION

(Preliminary results of the project, part 1. — heavy metals)

SEMERÁDOVÁ, S.[1]; SUCHAROVÁ, J.[2]; MIČANÍK, T.[1]; SÝKORA, F.[1]; JAŠÍKOVÁ, L.[1]

[1]T. G. Masaryk Water Research Institute
[2]The Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening

Keywords: atmospheric deposition — surface water — pollution sources

Concentrations of selected heavy metals in collected atmospheric precipitation and surface water were monitored at pilot sites in the Jizera Mountains, the Moravian-Silesian Beskydy Mountains and the Bohemian-Moravian Uplands (CZ) over the course of one year to determine the significance of the impact of precipitation on surface water quality in an otherwise relatively low anthropogenically influenced environment. The measurements show that for some metals, atmospheric deposition in heavily loaded areas can cause significant inputs to streams and reservoirs, but the resulting balance is strongly influenced by the environment and its past loading.