

HODNOCENÍ RIZIKA TĚŽKÝCH KOVŮ V SEDIMENTU DROBNÝCH VODNÍCH TOKŮ PRAŽSKÉ AGLOMERACE

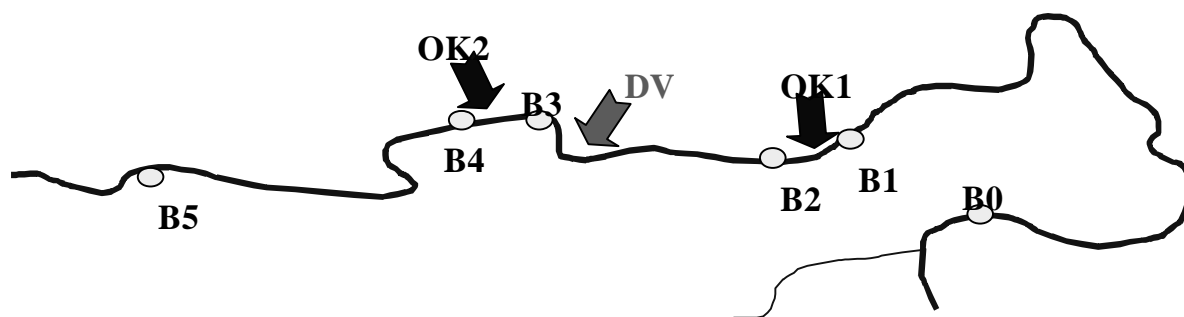
J. Nábělková, D. Komínková, G. Šťastná

1 ÚVOD

Těžké kovy patří mezi nejrizikovější kontaminanty, které se dostávají do vodních toků v urbanizovaných oblastech nejen z plošných zdrojů, ale zejména ze zdrojů bodových, jakými jsou výusti dešťové kanalizace nebo výusti přeпадů odlehčovacích komor (OK) jednotné kanalizace. Nebezpečí, jaké tyto polutanty představují pro tok a jeho osídlení je obtížně odhadnutelné, jak dokumentuje srovnání dvou odlišných metod hodnocení ekologického rizika na příkladu koncentrací těžkých kovů v sedimentu dlouhodobě monitorovaných drobných vodních toků (nebo jejich vybraných úseků) pražské aglomerace – Botiče, Zátíšského potoka (Cd, Cu, Ni, Pb a Zn) a několika dalších vodotečí sledovaných v souvislosti s výstavbou dálničního okruhu – akce „Dálnice“ (Cd, Cr, Pb, Zn).

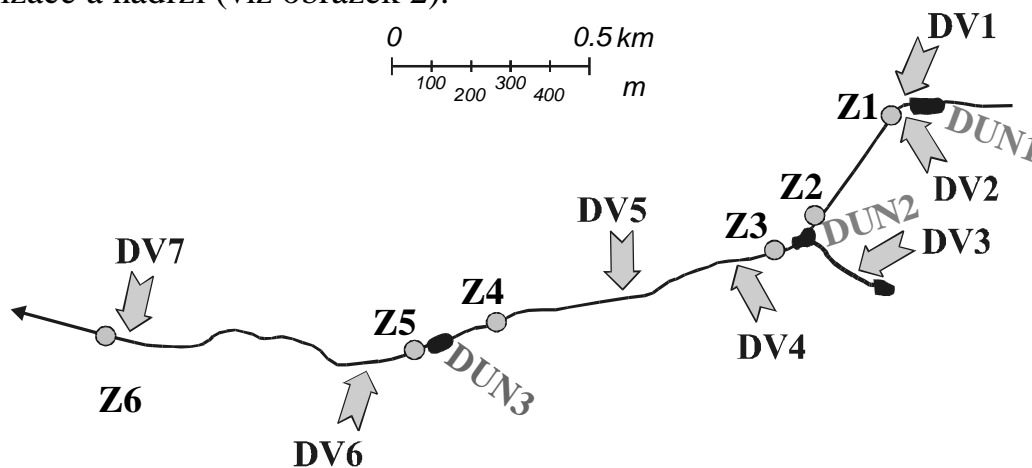
2 POPIS TOKŮ

Botič: Je nejvýznamnějším přítokem Vltavy v Praze. Celková plocha povodí Botiče je 134,84 km² a délka toku je 34,5 km. Zájmový úsek se nachází pod Hostivařskou přehradou mezi km 10,719 a km 12,745. Botič je v tomto úseku chráněn jako přírodní památka „Práčské meandry Botiče“. V zájmovém území ústí do Botiče oddílná dešťová kanalizace (DV) a dvě odlehčovací komory (OK) jednotné kanalizace. Hlavní průmyslové zdroje těžkých kovů ovlivňující kvalitu vypouštěných odpadních vod jsou Barvy a laky, Cetos, ČSAO Praha Hostivař, DP, Opravny MHD a Tesla Karlín závod Hostivař. Tok je monitorován od roku 1998 v šesti profilech (B0-B5) vybraných tak, aby se dal co nejlépe vystihnout vliv kanalizace (viz obrázek 1).



obrázek 1: Schematická mapka monitorovaného úseku Botiče

Zátišský potok: je pravostranným přítokem Vltavy dlouhý 3,080 km s plochou povodí 3,022 km² a přirozeným průtokem u ústí Q₅ 1,9 m³/s. Výškový rozdíl pramene a ústí činí 83 m. Potok protéká převážně zastavěnou oblastí s různě širokou přírodní nivou. Kromě koupaliště, které je u pramene, jsou na potoce další tři malé dešťové usazovací nádrže (DUN). Do Zátišského potoka ústí Dvorecký potok, do něhož je svedená dešťová kanalizace ze sídliště. Údolí Zátišského potoka je definováno jako částečně vymezený, částečně navržený, lokální biokoridor s lokálním biocentrem na vodní nádrži U vodotoku. Základním zdrojem znečištění je dešťová kanalizace, která je do potoka zaústěna v několika profilech (celkem 8 výpustí - DV). Vlivem těchto zaústění dochází během deště k několikanásobnému překračování bezdeštného průtoku v potoce, čímž dochází k devastaci toku. Zátišský potok je sledován od počátku roku 2001 v šesti profilech (Z1-Z6) zvolených tak, aby bylo možno hodnotit vliv dešťové kanalizace a nádrží (viz obrázek 2).



obrázek 2: Schématická mapka Zátišského potoka

Komořanský (Cholupický) potok je pravobřežním přítokem Vltavy. Nachází se na území prahy 12 – Komořany, jeho délka činí 3,613 km a plocha povodí je 3,5 km². Z velké části tok protéká zalesněným územím. V tomto úseku je považován za relativně neovlivněný antropogenními aktivitami, a proto zde byl vybrán jeden profil jako referenční pro hodnocení ostatních monitorovaných toků.

Potoky akce „Dálnice“: Radotínský potok (profily D2 a D3) a bezejmenné vodoteče v Řeporyjích (D1) a Hodkovicích (D4) jsou sledovány od roku 2001 v souvislosti s plánovanou výstavbou dálničního okruhu za účelem posouzení vlivu silniční dopravy na dotčené drobné vodní toky. Zde jsou hodnoceny kovy související se silničním provozem nejvíce: Cd, Cr, Pb a Zn. Profil D1 (tok v Řeporyjích) je již ovlivněn provozem v úseku dálničního obchvatu (svod DV z dálnice). Profil D2 na Radotínském potoce je v blízkosti vápencového lomu, tedy je ovlivněn převážně nákladní dopravou. Profil D3 na Radotínském potoce leží v těsné blízkosti značně frekventované silnice a profil D4 se nachází pod malou ČOV u zemědělského podniku Agro Jesenice (mapka obrázek 3).



obrázek 3: Orientační znázornění toků na mapě Prahy

3 METODIKA ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ

Kvalita toků (rozbory vody pro základní chemický rozbor a analýza koncentrací vybraných těžkých kovů ve vodě i sedimentu a analýza zastoupení bentických organismů) je monitorována s frekvencí 10-12 odběrů za rok (odběr bentosu 2-3 krát ročně) v případě Botiče, Zátíšského potoka a Komořanského potoka a s frekvencí 4 odběry za rok v případě toků akce „Posouzení vlivu dálničního okruhu“. V rámci tohoto příspěvku budou komentovány pouze výsledky analýzy těžkých kovů v sedimentu, celkové hodnocení viz NÁBĚLKOVÁ a kol. [4,5] a POLLERT a kol. [6].

Odebrané vzorky sedimentu byly zmrazeny a následně sušeny lyofilizací zařízením ALFA 1-4. Těžké kovy byly analyzovány z celkového vzorku (frakce pod 600 μm) na AAS SOLAAR s plamennou atomizací po předchozím mikrovlnném rozkladu (mikrovlnná pec MILESTONE ONE TOUCH) kyselinou dusičnou s přídavkem peroxidu vodíku. Rozklady a analýza vzorků byly prováděny v laboratoři analytické chemie VÚV TGM v Praze a v chemické laboratoři LERMO.

Pro hodnocení rizika byly použity hodnoty koncentrací s 90% pravděpodobností nepřekročení (90% kvantil).

4 POUŽITÉ METODY HODNOCENÍ RIZIKA

Hodnocení na základě koeficientu rizika

Charakterizaci rizika určitého polutantu pro recipient je možné provést pomocí tzv. *koeficientu rizika* (HQ – *Hazard Quotient*), který porovnává aktuální koncentraci v prostředí se zvoleným toxikologickým kritériem. Platí vztah:

$$HQ = C_M / BC \quad (1)$$

kde C_M je aktuální (monitorovaná) koncentrace polutantu v prostředí a BC je hodnota toxikologického kritéria (tzv. benchmarku) pro daný polutant. Benchmark je hraniční hodnota ukazatele v daném prostředí, která již způsobuje statisticky významný účinek na systém. Benchmarkery vycházejí z testů toxicity zahrnující krátkodobé i dlouhodobé účinky chemických látek na organismus. Na volbě benchmarku závisí, jak přísně bude riziko posuzováno. Ekologické riziko je signalizováno ve všech případech, kdy hodnota $HQ > 1$ pro jeden polutant. Vzhledem k nedostatku vhodných kritérií pro koncentrace polutantů v sedimentu v české legislativě jsou používány benchmarkery EPA: TEC (Threshold Effect Concentration) a PEC (Probable Effect Concentration) [2].

Hodnocení na základě indexu znečištění

Jiný způsob hodnocení rizika vychází z tzv. faktoru kontaminace C_F (odpovídá často užívanému koeficientu antropogenního obohacení), což je poměr koncentrace kontaminantu ve sledovaném profilu toku (C_M) a jeho pozad'ové koncentrace (C_B) v dané fázi (u těžkých kovů v sedimentu).

$$C_F = C_M / C_B \quad (2)$$

Pozad'ová koncentrace polutantu se obvykle zjišťuje v pramenné, neznečištěné, oblasti toku. Zde byly jako pozad'ové koncentrace použity hodnoty zjištěné v sedimentu Komořanského potoka, považovaného za relativně neovlivněný na rozdíl od pramenných oblastí sledovaných toků.

Sumární riziko několika polutantů (např. několika těžkých kovů) je pak vyjádřeno pomocí tzv. indexu znečištění (MPI - Metal Pollution Index), což je

součet faktorů kontaminace zvážený rozdílnou toxicitou hodnocených polutantů (kovů). Platí vztah:

$$\text{MPI} = S [(W_i/W_T)C_{Fi}] \quad (3)$$

Kde W_i je významnost daného kovu a W_T je ΣW_i

Pro určení významnosti (viz tab. 1) byly použity hodnoty III. třídy jakosti vod ČSN 75 7221 (hranice ekologické únosnosti) [1] a benchmarker EPA – PEC (Probable effect concentration) [2]:

tab. 1 : Určení významnosti pro MPI

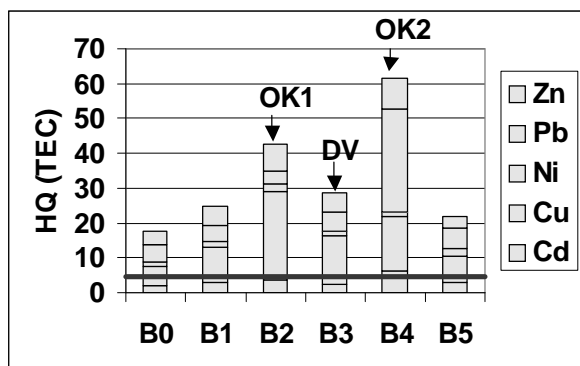
Kov	III. třída ČSN 75 7221 (µg/l)	Wi dle ČSN	PEC (mg/kg)	Wi dle PEC
Cd	1	100	11,3	135,6
Cr	50	2	159	9,6
Cu	50	2	77,7	19,7
Ni	50	2	38,5	39,8
Pb	15	6,7	396	3,9
Zn	100	1	1532	1

Daná lokalita je klasifikována jako neznečištěná co se týče sledovaných kovů, je-li $\text{MPI} < 1$ [3].

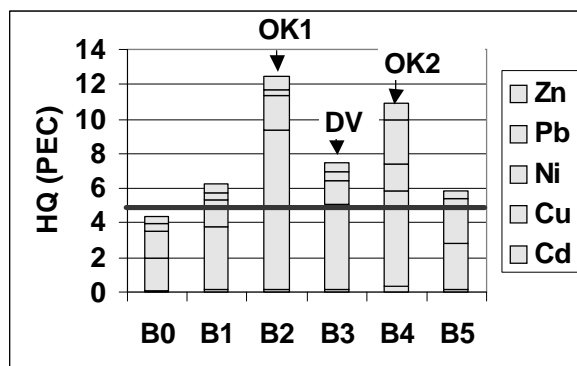
5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Botič

Hodnocení rizika dle HQ v sedimentu Botiče na základě toxikologických benchmarkerů EPA: nejvyšší koncentrace bez účinku TEC a koncentrace pravděpodobného účinku PEC ukazuje významné negativní ekologické ovlivnění toku. Vliv OK na zvýšení toxicity sedimentů je zřejmý. Zatímco pod vyústí OK1 (profil B2) dominuje toxicita mědi, v profilu B4, tedy v profilu ovlivněném jak dešťovou kanalizací, tak činností OK, je významným polutantem zejména olovo (graf 1, graf 2). Sledované kovy představují riziko pro tok prakticky na všech sledovaných profilech (pro pět sledovaných kovů $\text{HQ} > 5$ indikuje riziko) a to dle obou použitých kritérií (benchmarkerů), dle TEC riziko velmi významné.

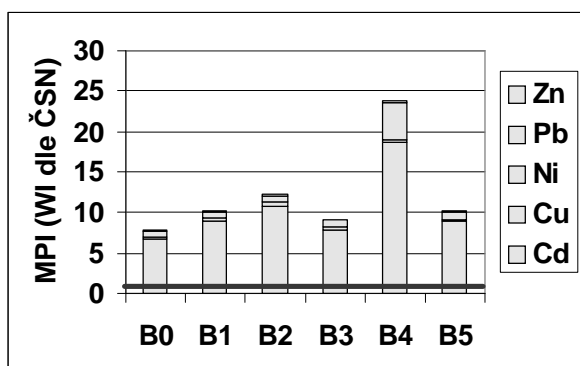


graf 1: Hodnoty HQ v sedimentech Botiče dle benchmarkeru TEC

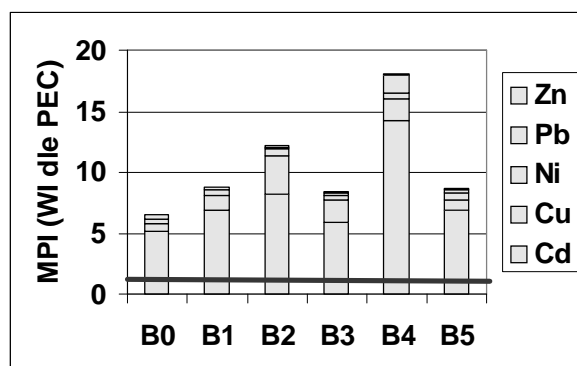


graf 2: Hodnoty HQ v sedimentech Botiče dle benchmarkeru PEC

Hodnocení rizika dle MPI ukazuje obdobné výsledky jako dle HQ ze sumárního hlediska (riziko v případě $HQ > 1$). Avšak vzhledem k nepoměrně nízkým limitním hodnotám pro Cd ve srovnání s ostatními posuzovanými kovy (dle III. třídy ČSN 75 7221 i dle PEC) je kadmium přisouzena vysoká významnost, a proto se dle tohoto hodnocení jeví kadmium jako nejvíce rizikové na všech profilech. (graf 3, graf 4)



graf 3: Hodnoty MPI v sedimentech Botiče (významnost dle ČSN 75 7221)

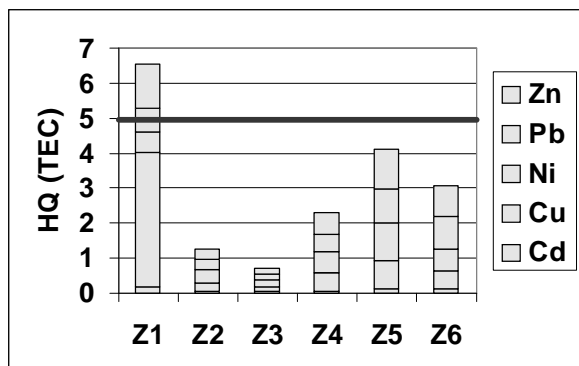


graf 4: Hodnoty MPI v sedimentech Botiče (významnost dle PEC)

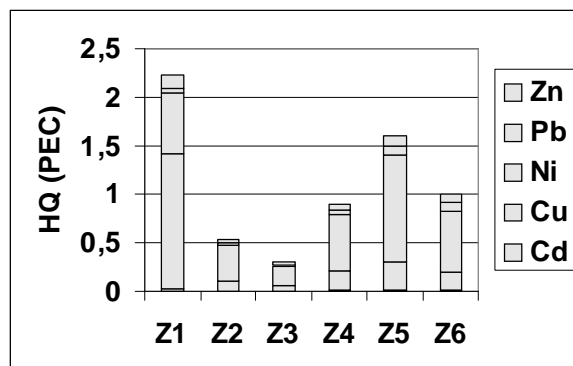
Zátišský potok

Sledované těžké kovy v sedimentu Zátišského potoka mohou představovat pouze mírně zvýšené riziko v profilu Z1 (kde je podezření na černé výusti z rodinné zástavby), a to díky zvýšené koncentraci Cu. Z porovnání koncentrací na profilech Z4 a Z5 (nad a pod nádrží DUN3) je patrný negativní vliv nádrže na zvyšování koncentrace TK v sedimentu toku nad a pod nádrží (pravděpodobně vyplavováno znečištění deponované v sedimentu nádrže) Hodnocení na základě HQ v tomto případě ukazuje, že výsledný odhad rizika záleží na volbě kritéria. V případě přísnějšího kritéria TEC (graf 5) je celkové riziko sledovaných kovů v profilu Z1 zvýšené, zatímco v případě PEC nikoliv

(graf 6). Proto je nutné při hodnocení dle HQ vždy použít minimálně dvě srovnávací kritéria.

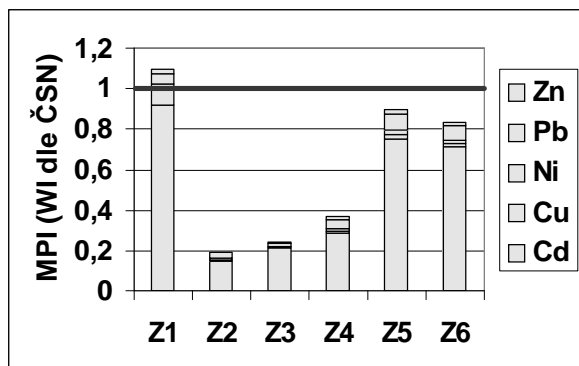


graf 5: Hodnoty HQ v sedimentech Zátíšského potoka dle benchmarkeru TEC

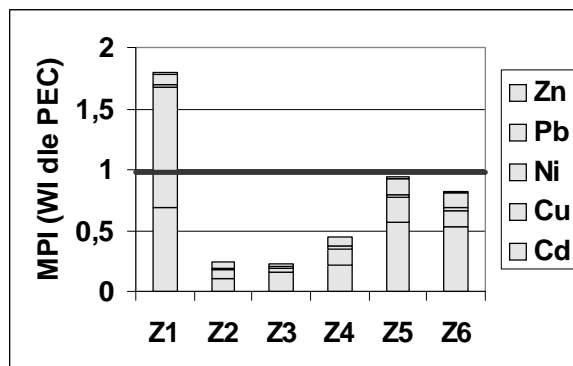


graf 6: Hodnoty HQ v sedimentech Zátíšského potoka dle benchmarkeru PEC

Hodnocení metodou MPI ukazuje i v případě Zátíšského potoka obdobné výsledky jako v případě Botiče. Je-li určována významnost posuzovaných kovů dle ČSN, dominantní podíl na MPI nese Cd díky přísné limitní koncentraci (graf 7).



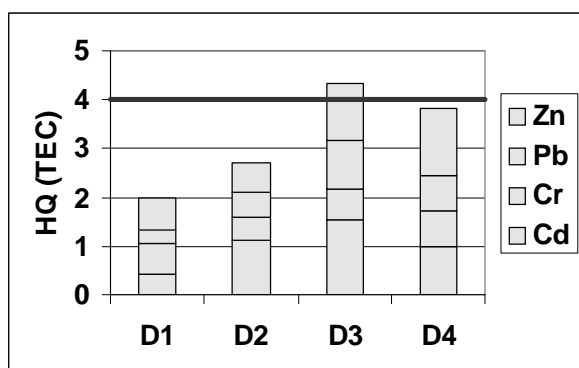
graf 7: Hodnoty MPI v sedimentech Zátíšského potoka (významnost dle ČSN)



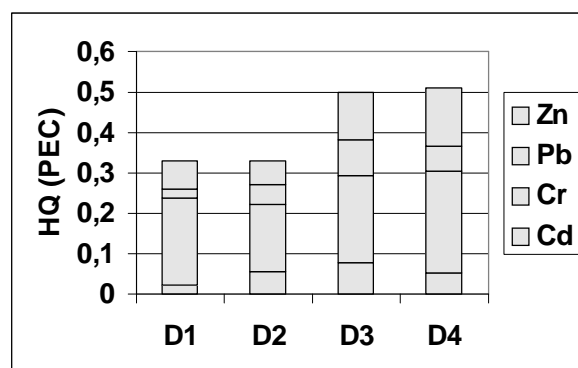
graf 8: Hodnoty MPI v sedimentech Zátíšského potoka (významnost dle PEC)

Potoky akce „Posouzení vlivu dálničního okruhu“

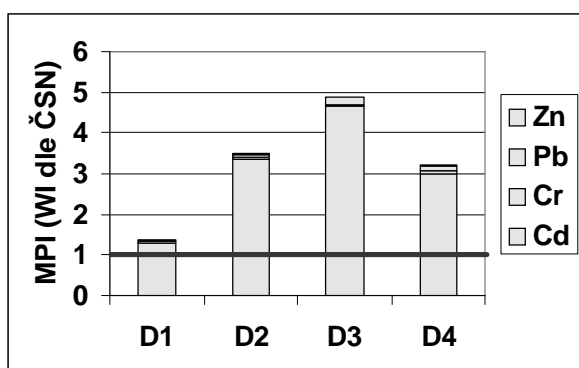
Při hodnocení rizika TK souvisejících se silniční dopravou pro drobné toky dopravou dosud neovlivněných a ovlivněných je zřejmý rozdíl v použitých přístupech hodnocení. Zatímco HQ riziko neindikuje (s výjimkou profilu D3, kde je hodnota HQ na hranici při použití benchmarkeru TEC) (graf 9 a graf 10), dle MPI hrozí riziko na všech sledovaných profilech, a to majoritně díky koncentraci Cd (graf 11 a graf 12).



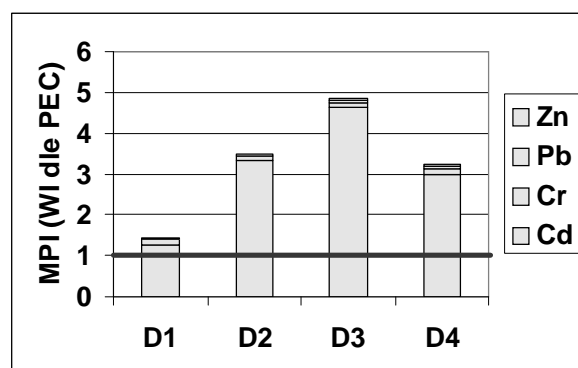
graf 9: Hodnoty HQ v sedimentech toků akce „Dálnice“ dle benchmarkeru TEC



graf 10: Hodnoty HQ v sedimentech toků akce „Dálnice“ dle benchmarkeru PEC



graf 11: Hodnoty MPI v sedimentech toků akce „Dálnice“ (významnost dle ČSN)



graf 12: Hodnoty MPI v sedimentech toků akce „Dálnice“ (významnost dle PEC)

6 ZÁVĚR

Hodnocení rizika znečištění pro prostředí toku se ukazuje jako obtížné a závisí na zvolené metodě hodnocení a používaných kritériích, zda je riziko označeno jako významné či nikoliv. Z důvodu nadhodnocení nebo podhodnocení rizika je na místě používat vždy minimálně dvě srovnávací kritéria.

Z dostupných metod není možné určit stupeň nebezpečí. Věrohodné hodnocení rizika by mělo být komplexním hodnocením daného profilu / toku, tedy kromě hodnocení chemického znečištění by mělo zahrnovat i biologický přístup (např. hodnocení výskytu a zastoupení bentických organismů) viz NÁBĚLKOVÁ a kol. [5].

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod 1998
- [2] ES/ER/TM-95/R4 – Toxicological Benchmarks for Screening Contaminants of Potential Concern for Effects on Sediment-Associated Biota:1997 Revision

- [3] GONCALVES, E.P.R. - BOAVENTURA, R.A.R. - MOUVET, C.: Sediments and aquatic mosses as pollution indicators for heavy metals in the Ave river basin (Portugal), *The Science of the Total Environment*, 114, pp7-24, 1992
- [4] NÁBĚLKOVÁ, J. - POLLERT, J. - ŠŤASTNÁ, G. - STRÁNSKÝ, D. - KOHOUT, D. - FATKA, P. - HANDOVÁ, Z.: Posouzení vlivu plánovaného silničního okruhu Slivenec - Jesenice na povrchové vodní toky, 3.část, Výzkumná zpráva. ČVUT Praha, 2002
- [5] NÁBĚLKOVÁ, J. - ŠŤASTNÁ, G. - KOMÍNKOVÁ, D. - HANDOVÁ, Z.: The Ecological Risk Assessment of Small Urban Streams. *Global Solutions for Urban Drainage* [CD-ROM]. Reston, VA : American Society of Civil Engineers, 2002, ISBN 0-7844-0644-8.
- [6] POLLERT J. a kol.: Laboratoř ekologických rizik městského odvodnění, projekt MŠMT ČR VS 97038, pp 97-194, 2000

V článku byly použity podklady získané v rámci projektu MŠMT ČR č. MŠM211100002 a grantu Grantové agentury ČR č. 103/01/0675

ABSTRACT

In order to assess the negative impact of urbanization on surface waters in heavily populated areas, the risk of heavy metals Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in bed sediment of several small Prague streams was evaluated. Two different methods of the risk assessment were used and compared. The first method evaluates risk in terms of Hazard Quotient (HQ) and compares actual metal concentration with chosen criterion (two criteria - EPA benchmarks TEC and PEC - were used in this study) (NABELKOVA and all [5]). The second method is based on the Contamination factor (CF) weighted by significance of each assessed pollutant. Resulting risk of all observed metals is expressed by Metal Pollution Index (MPI) (GONCALVES and all [3]).

Mgr. Jana Nábělková, Stavební fakulta ČVUT, Laboratoř ekologických rizik městského odvodnění, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika, tel.: +420 2 2435 4350, fax: +420 2 2435 5445, nabelkova@lermo.cz

RNDr. Dana Komínková, PhD., Stavební fakulta ČVUT, Laboratoř ekologických rizik městského odvodnění, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika, tel: +420 2 2435 5447, fax: +420 2 2435 5445, kominkova@lermo.cz

Mgr. Gabriela Šťastná, Stavební fakulta ČVUT, Laboratoř ekologických rizik městského odvodnění, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika, tel:+420 2 2435 5412, fax: +420 2 2435 5445, stasnag@lermo.cz