

Ekologické hodnotenie kvality materiálu v koľajovom lôžku

SMINČÁKOVÁ EMÍLIA - TRPČEVSKÁ JARMILA - PIROŠKOVÁ JANA

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF QUALITY OF THE RAIL BED MATERIAL

ABSTRAKT

V tomto článku sú uvedené koncentrácie NEL, Cu, Ni, Zn, As, Cr, Cd, Pb a Hg, ktoré boli namerané vo vybraných šiestich vzorkách koľajového lôžka z oblasti mesta Košice (Slovenská republika). Táto práca sa zaoberá diagnostikou a ekologickým hodnotením materiálu koľajového lôžka. V experimentálnej časti je uvedený vplyv veľkosti častíc koľajového lôžka na obsah jednotlivých znečisťujúcich látok vo vodných výluhoch a v sušine. Z týchto výsledkov jednoznačne vyplýva, že zmenšovaním sa častíc rastú obsahy všetkých sledovaných prvkov vo výluhu aj v sušine. Veľkosti častíc boli v rozsahu od 0 mm do 8 mm, od 0 do 32 mm a od 0 do 63 mm. Zo 6 študovaných vzoriek jedna vzorka z oblasti výhybky (s veľkosťou častíc od 0 do 63 mm) je ekologicky nevyhovujúca, nakoľko v tejto vzorke bola prekročená koncentrácia chrómu o 5.312 mg/kg sušiny. Nameraná hodnota koncentrácie Cr bola 255.312 mg/kg sušiny a maximálna prípustná hodnota v zmysle Metodického pokynu č. 18/99 Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR je 250 mg/kg sušiny.

KLúčové slová: koľajové lôžko, ekologické hodnotenie, znečisťujúce látky

ABSTRACT

The following concentrations NEL, Cu, Ni, Zn, As, Cr, Cd, Pb, and Hg are presented in this paper which were measured in six selected samples of rail bed materials from the region of the city Košice, Slovak Republic. The experimental part of the paper highlights the effect of the size of rail bed particles on the concentration of different pollutants in both aqueous solutions and dry matters. Due to these results it can be clearly stated that decreasing the particles brings about the concentration increase of all observed elements in both aqueous solutions and dry matters. The particle sizes were in the range of 0 mm to 8 mm, from 0 to 32 mm and from 0 to 63 mm. Concerning the six analyzed samples only one of them, taken from the rail switch, (particle size from 0 to 63 mm) is ecologically insufficient as in this given sample the concentration of Cr exceeded the limit by 5.312 mg/kg of dry matter. The measured value of Cr concentration was 255.312 mg/kg of dry matter and the threshold limit value according to the Methodical Instruction No.18/99 of the Ministry of Transport, Post and Telecommunication of Slovak Republic is 250 mg/kg of dry matter.

Key words: rail bed, ecological assessment, pollutants

ÚVOD

Koľajové lôžko je časť železničného zvršku, ktorá prenáša zaťaženie do konštrukcie železničného spodku. Služi ku spružneniu železničného zvršku, zabezpečuje požadovanú stabilitu koľaje a umožňuje úpravu polohy koľaje. Materiál koľajového lôžka musí spĺňať viaceré požiadavky na jeho kvalitu. Môže sa použiť kamenivo nové prírodné napr. žula, čadič, andezit alebo recyklované. Veľkosť zrn koľajového lôžka má byť v rozmedzí od 32 mm do 63 mm. Kvalita materiálu koľajového lôžka v priebehu prevádzky je hodnotená na základe porovnania kvality analyzovaných vzoriek jednotlivých hodnotiacich parametrov materiálu koľajového lôžka v laboratórnych podmienkach s hraničnými hodnotami [1,2]. Znečisťujúca látka je akákoľvek látka vnášaná ľudskou činnosťou do ovzdušia, pôd, vôd, ktorá má alebo môže mať škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie.

Neustály monitoring nebezpečných ťažkých kovov (Hg, Cd, As, Cr, Pb, Ni atď.) v rôznych zložkách životného prostredia prispieva k zvýšeniu úrovne ochrany ľudského zdravia [3, 4].

Na diagnostiku parametrov ekologickej kvality materiálu koľajového lôžka sú určené metódy laboratórnych analýz chemických vlastností materiálu.

Diagnostikované parametre vstupnej diagnostiky členíme nasledovne:

- Technický parameter – zahrňuje jednoduchú petrografiú, obsahujúcu prítomnosť vápencov a dolomitov [5];
- Ekologické parametre – podľa technickej špecifikácie pre chemické analýzy materiálu:
 1. v modifikovanom vodnom výluhu s dobou lúhovania 6 hodín,
 2. v pevnej hmote (sušine).

Pri realizácii vstupnej diagnostiky parametrov konštrukcie koľajového lôžka sú využívané výhradne metódy mechaniky zemín a hornín [6]. Materiál koľajového lôžka podlieha nielen prevádzkovému namáhaniu, ale aj klimatickému zaťaženiu (voda, sneh, sneh v kombinácii s ľadom, vietor), ktoré znižujú jeho technickú kvalitu.

Cieľom tejto práce je identifikovať a vyhodnotiť znečisťujúce látky vo vybraných šiestich vzorkách a na základe výsledkov ekologického rozboru pre sledované veľkostné frakcie určiť či materiál vyhovuje alebo nevyhovuje ekologickým

požiadavkám na hodnotený materiál koľajového lôžka vo vodnom výluhu a v pevnej hmote v zmysle Metodického pokynu č. 18/99 MDPaT SR.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Analyzované vzorky pochádzajú z okolia mesta Košice (SR), a to z podvalového podlažia jednotlivých kvalitatívnych skupín: medzistaničnej koľaje, staničnej koľaje a výhybiek. Experimentálne boli zisťované koncentrácie týchto znečisťujúcich látok: NEL (nepolárne extrahovateľné látky), PAU (polycyklické aromatické uhľovodíky), Cu, Ni, Zn, As, Cr, Cd, Pb, Hg vo vzorkách materiálu:

- v modifikovanom štandardnom výluhu
- v pevnej hmote.

Do akreditovaného laboratória boli dodané vzorky o hmotnosti 1 kg. Modifikovaný štandardný vodný výluh bol pripravený v pomere hmotnosti vzorka:voda=1:10. Pre laboratórnu vzorku sa najprv stanovila celková sušina pri teplote 105 °C. Potom sa navážilo množstvo pôvodnej vzorky, ktoré zodpovedá 100 g±0.1 g sušiny na 1 liter destilovanej vody. Navážená vzorka bola kvantitatívne prenesená do vhodnej nádoby z inertného materiálu a bolo pridaných 1000 ml destilovanej vody na každých 100 g naváženej vzorky [7]. Nádoba bola uzatvorená a vzorka s vodou boli intenzívne trepané. Intenzita trepania na trepačke s horizontálne kmitajúcou pracovnou plošinou bola 100 kmitov/min (vzorka bola neustále vznášaná). Následne bola filtráciou oddelená tuhá fáza od kvapalnej.

Ďalšie experimentálne podmienky:

- teplota lúhovania bola 20±3°C
- doba styku tuhej a kvapalnej fázy bola 6 hodín (3 hodiny trepanie, 3 hodiny státie v pokoji)

Obsahy Cu, Ni, Zn, Cr, Cd, Pb vo výluhoch boli stanovené metódou AES-ICP (Varian LIBERTY 200) a Hg metódou AAS-AMA (AMA 254).

Arzén bol stanovený metódou hydridovej generácie t.j. HG-AAS (Varian SpectrAA 220, VGA-76) vo výluhoch a v sušine. Obsahy Cu, Ni, Cd a Pb v sušine boli stanovené metódou FAAS (Varian Spectr AA 220) a obsahy Zn a Cr metódou AES-ICP. Obsahy Hg boli stanovené metódou AAS-AMA (AMA 254). PAU boli stanovené metódou HPLC/FD (VARIAN STAR). Označenie materiálu vzoriek koľajového lôžka:

- Vzorky 1, 4 a 5 pochádzajú zo staničnej koľaje
- Vzorky 2 a 6 sú z medzistaničnej koľaje
- Vzorka 3 je z výhybky.

V experimentálnej časti boli použité vzorky 1 až 6 s veľkosťou častíc od 0mm do 63 mm. Obsahy znečisťujúcich látok boli zisťované aj vo vzorkách s veľkosťou častíc od 0 mm do 8 mm a od 0 mm do 32 mm.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimentálne zistené koncentrácie znečisťujúcich látok v jednotlivých vzorkách vo vodnom výluhu sú uvedené v tabuľke 1. V poslednom stĺpci tabuľky 1 sú uvedené maximálne prípustné hodnoty koncentrácií v zmysle Metodického pokynu č.18/99 o ekologickom hodnotení získaného materiálu z podvalového podlažia železničných tratí [7]. Veľkosť častíc študovaných vzoriek koľajového lôžka bola od 0 mm do 63 mm.

Tab 1. Namerané koncentrácie znečisťujúcich látok vo vodnom výluhu (veľkosť častíc 0 – 63 mm) a maximálne prípustné hodnoty koncentrácií.

Znečisťujúca látka	Koncentrácia [mg.l ⁻¹]						
	Vzorka1	Vzorka2	Vzorka3	Vzorka4	Vzorka5	Vzorka6	Max.[7]
NEL	0,0054	0,002	0,0062	0,0089	0,0053	0,0012	0,1
Cu	0,0093	0,0096	0,0136	0,0242	0,0345	0,0075	0,1
Ni	0,0018	0,004	0,0031	0,0044	0,0088	0,0025	0,1
Zn	0,0027	0,0084	0,0037	0,0051	0,009	0,001	3
As	0,0011	0,0002	0,0003	0,0007	0,0005	0,0009	0,05
Cr	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004	0,0002	0,05
Cd	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004	0,0002	0,005
Pb	0,0018	0,002	0,0031	0,0044	0,0053	0,0012	0,05
Hg	0	0	0	0	0	0	0,001

Z nameraných hodnôt koncentrácií znečisťujúcich látok vo vzorkách s veľkosťou častíc od 0 mm do 63 mm, ktoré sú uvedené v tabuľke 1, je vidieť, že najvyššie toxické zastúpenie má meď vo vzorkách 5, 4 a 3. Z porovnania nameraných koncentrácií s maximálnymi prípustnými hodnotami v zmysle [7] ani jedna znečisťujúca látka tieto hodnoty neprekročila, čo znamená, že ekologické hodnotenie materiálu vybraných vzoriek má vyhovujúcu ekologickú kvalitu.

V tabuľke 2 sú uvedené namerané hodnoty koncentrácií analyzovaných vzoriek pre sušinu a maximálne prípustné hodnoty znečisťujúcich látok, pre vzorky s veľkosťou častíc 0-63 mm.

Tab 2. Porovnanie nameraných hodnôt koncentrácií znečisťujúcich látok v sušine (veľkosť častíc 0-63 mm) s maximálnymi prípustnými hodnotami koncentrácií.

Znečisťujúca látka	Koncentrácia [mg kg ⁻¹ suš]						
	Vzorka1	Vzorka2	Vzorka3	Vzorka4	Vzorka5	Vzorka6	Max.[7]
NEL	295,843	16,146	289,663	90,44	49,115	9,86	700
PAU	0,197	0,199	1,826	0,222	0,37	0,123	40
Cu	74,675	17,54	67,464	50,44	91,54	6,906	100
Ni	3,93	2,99	20,734	4,44	11,267	3,08	100
Zn	96,113	21,13	225,603	42,889	135,726	22,44	500
As	4,084	1,77	5,481	2,669	3,36	2,91	50
Cr	93,612	19,535	255,312	96	114,249	44,02	250
Cd	0,232	0,08	0,279	0,133	0,511	0,037	5
Pb	20,187	6,977	93,46	20,889	53,34	6,41	150
Hg	0,149	0,061	0,227	0,039	0,036	0,012	3

Z hodnôt koncentrácií znečisťujúcich látok uvedených v tabuľke 2 vyplýva, že najvyššie koncentrácie dosahujú polycyklické aromatické uhľovodíky, zinok a chróm vo vzorke 3, ktorá pochádza z oblasti výhybiek.

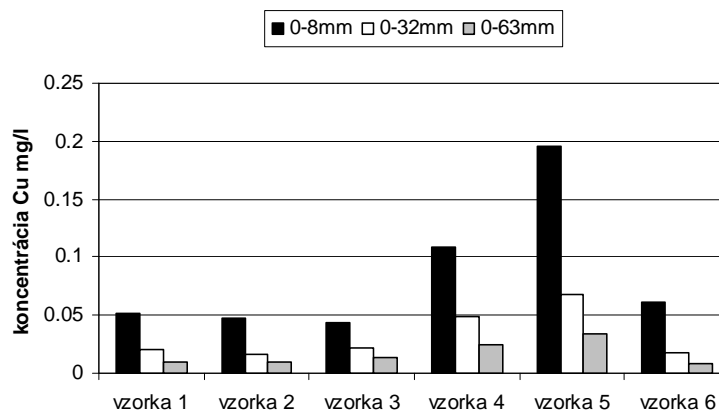
Z vykonaných analýz vyplýva, že zo 6 skúmaných vzoriek materiálu koľajového lôžka z oblasti mesta Košice má nevyhovujúcu ekologickú kvalitu iba jedna vzorka a to vzorka 3 z výhybiek, nakoľko koncentrácia Cr (255,312 mg kg⁻¹suš.) v tejto vzorke 3 prekročila maximálne prípustnú hodnotu 250 mg kg⁻¹suš. v zmysle [7].

Vo vzorke 3 (ekologicky nevyhovujúca) obsahy sledovaných rizikových prvkov klesajú v poradí: Cr, Zn, Pb, Cu, Ni, As, Cd, Hg.

Ekologické hodnotenie vzoriek koľajového lôžka bolo uskutočnené aj pre častice s veľkosťou:

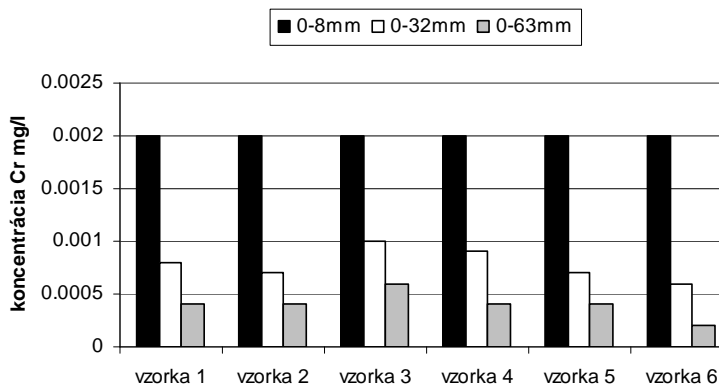
- od 0 mm do 8 mm
- od 0 mm do 32 mm

Závislosti koncentrácií jednotlivých znečisťujúcich prvkov vo vybraných vzorkách v modifikovanom štandardnom výluhu od veľkosti častíc sú graficky uvedené na obrázkoch, pričom na obr. 1 je meď, na obr. 2 je chróm.



Obr. 1 Vplyv veľkosti častíc na obsah meďi vo výluhu
($T=293\text{ K}$, $s:l=1:10$, max. prípustná hodnota = $0,1\text{ mg l}^{-1}$)

Z obr. 1 je vidieť, že vo vzorkách 4 a 5 kde je veľkosť častíc 0-8 mm koncentrácia Cu presiahla maximálne prípustnú hodnotu koncentrácie ($0,1\text{ mg/l}$) a z tohto dôvodu tieto vzorky nemajú vyhovujúcu ekologickú kvalitu.



Obr. 2 Vplyv veľkosti častíc na obsah chrómu vo výluhu
($T=293\text{ K}$, $s:l=1:10$, max. prípustná hodnota = $0,05\text{ mg l}^{-1}$)

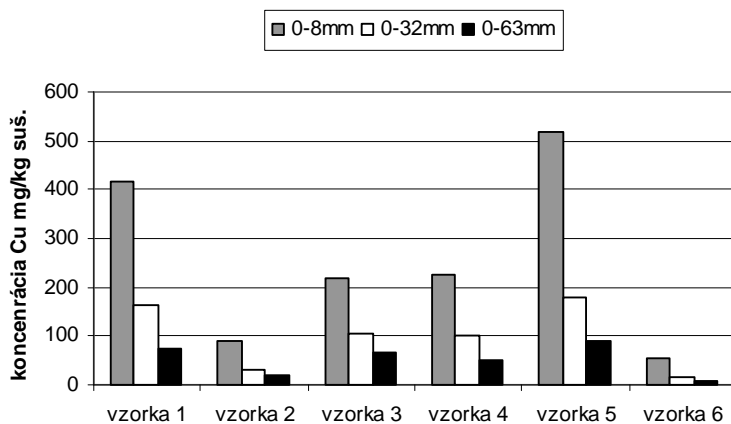
Z obr. 2 vyplýva, že koncentrácie Cr vo výluhoch nepresahujú maximálnu prípustnú hodnotu, a to $0,05\text{ mg/l}$.

Porovnanie nameraných hodnôt koncentrácií NEL, Ni, Zn, As, Cd, Pb a Hg napr. vo vzorke 1 s maximálne prípustnými hodnotami v závislosti od veľkostí častíc je uvedené v tabuľke 3. Podobné nízke koncentrácie týchto znečisťujúcich látok boli zistené vo vzorkách 2 až 6 a rovnako bol preukázaný vplyv veľkosti častíc na obsah týchto prvkov vo vodných výluhoch.

Tab. 3 Vplyv veľkosti častíc na koncentráciu NEL, Ni, Zn, As, Cd, Pb a Hg vo výluhoch vo vzorke 1 a porovnanie s maximálne prípustnými hodnotami.

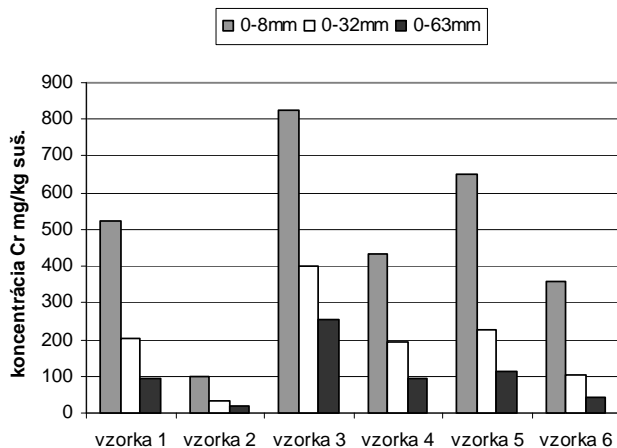
Znečisťujúca látka	Koncentrácia [mg ml^{-1}]			
	0-8 mm	0-32 mm	0-63 mm	Max. [7]
NEL	0,0300	0,0117	0,0054	0,1
Ni	0,1000	0,0039	0,0018	0,1
Zn	0,0150	0,0059	0,0027	3
As	0,0060	0,0023	0,0011	0,05
Cd	0,0020	0,0008	0,0004	0,005
Pb	0,0100	0,0039	0,0018	0,05
Hg	0,0001	0,0000	0,0000	0,001

Vplyv veľkosti častíc na koncentráciu Cu a Cr v pevnej hmote (sušine) je uvedený na obr. 3 a 4.



Obr. 3 Vplyv veľkosti častíc na obsah medi v sušine
(max. prípustná hodnota = 100 mg kg^{-1} sušiny)

Z hodnôt koncentrácií Cu uvedených na obr.3 vyplýva, že vzorky 1, 3 a 5 s veľkosťou častíc 0-8 mm a 0-32 mm a vzorka 4 s veľkosťou častíc 0-8 mm majú nevyhovujúcu ekologickú kvalitu, pretože prekračujú maximálnu prípustnú hodnotu, a to 100 mg/kg sušiny.



Obr. 4 Vplyv veľkosti častíc na obsah chrómu v sušine
(max. prípustná hodnota = 250 mg kg^{-1} sušiny)

Na obrázku 4 je vidieť, že koncentrácie Cr vzorky 1 pre 0-8 mm, vzorky 3 vo všetkých frakciách, vzoriek 4, 5 a 6 vo frakcii 0-8 mm presahujú maximálnu prípustnú hodnotu a to 250 mg kg⁻¹sušiny, preto majú nevyhovujúcu ekologickú kvalitu.

Z nameraných hodnôt koncentrácií znečisťujúcich látok, ktoré sú uvedené v tabuľkách 1, 2, 3 a zobrazené na obrázkoch 1 až 4 vyplýva:

- že čím je veľkosť častíc menšia, tým sú koncentrácie sledovaných prvkov vyššie (čo súvisí s vysokým špecifickým povrchom)
- celkový obsah sledovaných rizikových prvkov vo vzorke 3 klesá v poradí:
 - vo vodnom výluhu:**
 - veľkosť častíc 0-8 mm: Cu, NEL, Zn, Ni, Pb, Cr a Cd, As, Hg
 - veľkosť častíc 0-32 mm: Cu, NEL, Zn, Ni a Pb, Cr a Cd, As, Hg
 - veľkosť častíc 0-63 mm: Cu, NEL, Zn, Ni, Cr a Cd, Pb, As, Hg
 - v pevnej hmote:**
 - veľkosť častíc 0-8 mm: NEL, Cr, Zn, Pb, Cu, Ni, As, PAU, Hg, Cd
 - veľkosť častíc 0-32 mm: NEL, Cr, Zn, Pb, Cu, Ni, As, PAU, Hg, Cd
 - veľkosť častíc 0-63 mm: NEL, Cr, Zn, Pb, Cu, Ni, As, PAU, Hg, Cd
- v analyzovaných vzorkách je nízka koncentrácia arzénu a ortute
- súčasný výskyt viac ako jedného ťažkého kovu môže spôsobiť synergický nárast toxicity v pôde [8]. Koncentrácie jednotlivých toxických prvkov pre vodný výluh klesajú v poradí (Cd+Zn) > (Ni+Cu) > (Pb+Cr) > (As+Hg).

ZÁVER

Na základe výsledného hodnotenia materiálu koľajového lôžka bola stanovená ekologická kvalita materiálu koľajového lôžka ako celku (ide o frakciu 0 – 63 mm). Z vykonaných analýz vyplýva, že zo 6 skúmaných vzoriek materiálu koľajového lôžka z oblasti mesta Košice má nevyhovujúcu ekologickú kvalitu vzorka 3 z výhybiek. V tejto vzorke bola nameraná vysoká koncentrácia Cr a to 255,312 mg/kg sušiny. Maximálna prípustná hodnota Cr podľa [7] je 250 mg/kg sušiny. Je možné predpokladať, že toto prekročenie koncentrácie chrómu mohlo byť spôsobené uvoľnenými časticami, ktoré spôsobuje trenie kolies vagónov o koľajnice prípadne únikom prepravovaného materiálu železničnou dopravou. Tento ekologicky nevyhovujúci materiál je možné nahradiť frakciami 0 – 8 mm alebo 0 - 32 mm, ktoré majú vyhovujúcu kvalitu, preto sa vykonávajú analýzy v rôznych zrnitostných triedach. Ďalšie sledované prvky a to Cu, Zn, Ni, Pb, As, Hg a Cd vo všetkých 6 vzorkách s veľkosťou častíc od 0-63 mm neprekročili maximálne prípustné koncentrácie.

Znečistenie životného prostredia ťažkými kovmi je závažným environmentálnym problémom súčasnosti a z hľadiska na ich kumuláciu a nedegradovateľnosť aj budúcnosti. Analyzované boli jednotlivé vzorky materiálu rôznych kvalitatívnych skupín, v ktorých boli hodnotené jednotlivé znečisťujúce látky a vyhodnotené porovnávacou metódou na základe ich maximálnych prípustných hodnôt podľa MP č. 18/99 MDPaT SR, ktoré majú negatívny dopad na životné prostredie v oblasti železníc.

Zavedením maximálnych prípustných hodnôt rizikových prvkov sa má predísť vážnym ohrozeniam ekosystémov. Obzvlášť dôležité je vyzdvihnúť environmentálne hľadisko. Je možné predpokladať, že kumuláciou rizikových prvkov vo veľkom objeme môže vzniknúť po určitom čase potenciálny zdroj ich uvoľnenia do okolitého pôdneho ale aj vodného systému, čo predstavuje hrozbu ďalšieho znečistenia.

Efektívne riešenie problému degradácie okolitých zložiek životného prostredia je založené na poznaní príčin jej vzniku a ich odstraňovaní. To je jeden z dôvodov, prečo je užitočné vykonávať ekologické analýzy pre jednotlivé zložky životného prostredia. Umožnia nám rozpoznať toxické látky a použiť vhodnú dekontamináciu danej oblasti.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za úplnej podpory Slovenskej grantovej agentúry v rámci projektu VEGA 1/0425/14.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] MIKŠÍK, M.: Životné prostredie 1, Ústav krajiny ekológie SAV Bratislava, (2000)
- [2] LACHOVÁ, J.: Životné prostredie 6, Ústav krajiny ekológie SAV Bratislava, (2002)
- [3] KAFKA, Z., PUNČOCHÁŘOVÁ, J.: Chemické listy, 96, 611-617, (2002)
- [4] RUSNÁK, R. et al.: Toxicological and Environmental Chemistry, Vol. 92, No. 3, 443-452, (2010)
- [5] MIKŠÍK, M. a kol.: Diagnostika koľajových dráh. Ed. ŽU, Žilina, 2004
- [6] IŽVOLT, L.: Železničný spodok. Ed. ŽU, Žilina, 2008
- [7] Metodický pokyn č. 18/99 Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR
- [8] KUBÍK, L.: Rizikové prvky v kalech z čistenia odpadných vod, Biom.cz. - [on-line] Available on - URL: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rizikove-prvky-v-kalech-z-cistiren-odpadnich-vod/27.4.2011>

ADRESY AUTOROV

Emília SMINČÁKOVÁ, doc., Ing., PhD., TU Košice, HF Katedra chémie, Letná 9, 042 00 Košice, e-mail: emilia.smincakova@tuke.sk

Jarmila TRPČEVSKÁ, doc., Ing., PhD., TU Košice, HF Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9, 042 00 Košice, e-mail: jarmila.trpevska@tuke.sk

Jana PIROŠKOVÁ, Ing., TU Košice, HF Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9, 042 00 Košice, e-mail: jana.piroskova@tuke.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.