



**ŠESTI NAUČNO-STRUČNI
SKUP POLITEHNIKA**

ZBORNİK RADOVA



Beograd, 10. decembar 2021. godine



ŠESTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA

ZBORNİK RADOVA



ŠESTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA

ZBORNIK RADOVA

ŽIVOTNA SREDINA I ODRŽIVI RAZVOJ
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU
MAŠINSKO INŽENJERSTVO
SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO
MENADŽMENT KVALITETOM
BIOTEHNOLOGIJA
DIZAJN
GRAFIČKO INŽENJERSTVO

Beograd, 2021. godine



KONCENTRACIJE POTENCIJALNO TOKSIČNIH ELEMENATA U ZEMLJIŠTU PARKOVA I IGRALIŠTA U KRUŠEVACU I PROCENA EKOLOŠKOG RIZIKA

Milan Tanić¹, Univerzitet odbrane, Vojna akademija

Denis Dinić², Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Univerzitet odbrane, Vojna akademija

Željko Mihaljev³, Naučni institut za veterinarstvo Novi Sad

Brankica Kartalović⁴, Naučni institut za veterinarstvo Novi Sad

Stevan Stupar⁵, Vojnotehnički institut; Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

Antonije Onjia⁶, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Apstrakt: Koncentracije potencijalno toksičnih elemenata (PTE) As, Cd, Hg i Pb su određene u površinskom sloju zemljišta 16 parkova i igrališta za sport i rekreaciju na području Grada Kruševca. Analiza je izvršena metodom masene spektrometrije sa indukovanom kuplovanom plazmom. Medijalne i srednje vrednosti koncentracija As i Pb su bile više u odnosu na njihov prirodni fonski sadržaj u zemljištu Zapadne Srbije koje je kao referentno uzeto i za procenu ekološkog rizika. Upoređivanje izmerenih koncentracija analiziranih elemenata sa nacionalnom regulativom je pokazalo da izmerene vrednosti ne prelaze remedijacione vrednosti, dok je maksimalno dozvoljena koncentracija za poljoprivredno zemljište premašena na više lokacija u slučaju As i Pb. Izmerene koncentracije PTE su bile u opsegu koncentracija publikovanih za urbana zemljišta u Srbiji i svetu. Ekološki rizik usled prisustva odabranih elemenata u zemljištu je procenjen preko pokazatelja zagađenja. Vrednosti indeksa ukupnog zagađenja pokazuju postojanje kontaminacije na dve lokacije. Vrednosti faktora kontaminacije ukazuju da je zemljište ispitivanih parkova i igrališta pretežno nekontaminirano do umereno kontaminirano analiziranim PTE, što su potvrdile i vrednosti geoakumulacionog indeksa.

Ključne reči: teški metal, park, urbano zemljište, Kruševac, ekološki rizik

CONTENT OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THE SOIL OF PARK AND OPEN PLAYGROUNDS IN THE CITY OF KRUŠEVAC, SERBIA AND ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT

Abstract: The concentration of potentially toxic elements (PTE) As, Cd, Hg, and Pb was determined in the topsoil of 16 parks and open playgrounds for sport and recreation purposes in the City of Kruševac, Serbia. Analysis was performed utilizing inductively coupled plasma–mass spectrometry. Both, median and mean values of As and Pb concentration were higher than their corresponding natural baseland content in the Western Serbia soil, which was used as reference soil for ecological risk assessment. Comparison of the determined concentration of selected elements with national legislation showed that they did not exceed respective interventional remediation values, while maximal allowed concentration for agricultural soil was exceeded for several locations for As and

¹ milantanic@yahoo.com

² denis.dinic@yahoo.com

³ zeljko@niv.ns.ac.rs

⁴ brankica@niv.ns.ac.rs

⁵ stevan.stupar13@gmail.com

⁶ onjia@tmf.bg.ac.rs

Pb. The measured concentration of PTEs fell in the range of published results for other cities in Serbia and worldwide. Ecological risk due to the presence of selected elements in the soil was assessed by calculating different pollution indices. Values of Pollution Load Index pointed out the existence of contamination at two locations. Contamination Factor values showed that soil of studied parks and open playgrounds was predominantly non-contaminated to moderately contaminated by selected PTEs, which was also confirmed by values of geoaccumulation index.

Keywords: heavy metal, park, urban soil, Kruševac, ecological risk

1. UVOD

Najveća koncentracija industrijskih, ekonomskih i životnih aktivnosti je u urbanim sredinama, pa je njihovo zagađenje sa aspekta zaštite životne sredine posebno značajno. Kontaminacija potencijalno toksičnim elementima (PTE), pretežno teškim metalima i metaloidima, je jedna od najvećih pretnji zemljišnim resursima u Evropi i svetu usled njihove perzistentnosti u životnoj sredini. I pored toga što prirodno poreklo PTE može biti uzrok njihovim visokim koncentracijama u zemljištima, istraživanja izvršena u evropskim okvirima su pokazala naročito povećane koncentracije As, Cd, Hg i Pb ukazujući na značajan antropogeni uticaj [1]. Emisija PTE u gusto naseljenim urbanim sredinama najvećim delom potiče iz saobraćaja, industrijskih aktivnosti, sagorevanja fosilnih goriva i komunalnog otpada, a urbana zemljišta predstavljaju medijum njihove kontinuirane akumulacije. Kvalitet urbanog zemljišta, a posebno urbanih prostora koji su namenjeni za sport i rekreaciju je u direktnoj vezi sa zdravljem i kvalitetom života stanovnika. Usled ekspozicije PTE u urbanom, a posebno zemljištu parkova, igrališta i terena za sport i rekreaciju, je primarno ugrožena dečija populacija imajući u vidu uobičajeno ponašanje dece (igranje na površini i direktan kontakt sa zemljištem, higijenske navike, direktna oralna ingestija i sl.).

Veliki broj studija u Srbiji i svetu se poslednjih godina fokusirao na istraživanje sadržaja PTE i posledičnog rizika u urbanom zemljištu, sa posebnim osvrtom na zemljište parkova i igrališta [2–11]. Tradicionalni metodi procene rizika se baziraju na izračunavanju različitih indeksa zagađenja, a najčešći među njima su koeficijent kontaminacije, indeks ukupnog zagađenja i geoakumulacioni indeks, koji se zasnivaju na određivanju relativnog odnosa koncentracija PTE u zemljištu od interesa i referentne vrednosti koncentracije za koju se uzima fonska koncentracija datog elementa [12–14].

Prepoznajući ovaj problem, kao ciljevi ovog preliminarnog istraživanja su postavljeni: (1) utvrđivanje ukupnog sadržaja As, Cd, Hg i Pb i (2) evaluacija ekološkog rizika povezanog sa sadržajem ovih elemenata u zemljištu parkova i igrališta na otvorenom u gradskom naselju Grada Kruševca.

2. MATERIJALI I METODE

2.1 Sakupljanje i priprema uzoraka

Grad Kruševac (43° 34' 32,7" N; 21° 19' 51,8" E) je po broju stanovnika jedan od najvećih gradova u Republici Srbiji i predstavlja administrativni, ekonomski, kulturni i obrazovni centar Rasinskog okruga. Površinski sloj zemljišta dubine (0–10) cm je uzorkovan iz 16 parkova i igrališta gradskog naselja Grada Kruševca koji su namenjeni za turizam, sport i rekreaciju u jesen 2019. godine. Uzorkovanje je izvršeno plastičnom lopaticom, a pre uzorkovanja je uklonjena vegetacija, kamenje i drugi strani materijal. Reprezentativnu uzorak sa svake lokacije je činio kompozit sastavljen od najmanje pet poduzoraka. Svi uzorci su sušeni na otvorenom vazduhu dve nedelje, a zatim u sušnici na temperaturi 40 °C do konstantne mase, pulverizovani i prosejani na situ prečnika pora 2 mm. Reprezentativna proba mase 50 g je za svaki pojedinačni uzorak sprašena u keramičkom avanu sa tučkom, prosejana kroz sito pora poluprečnika 0,149 mm, zatvorena u polietilensku vrećicu i čuvana na temperaturi 4 °C do analize.

2.2 Hemijska i statistička analiza

Sve hemikalije korišćene u analizi su bile analitičke čistoće. Za prevođenje PTE u rastvor primenjena je metoda mikrotalasne acidne digestije EPA 3051A primenom mikrotalasnog digestora Ethos microwave lab station (Milestone s.r.l., Italija). Analiza PTE je izvršena metodom masene spektrometrije sa indukovanom kuplovanom plazmom (ICP–MS) korišćenjem uređaja Agilent ICP–MS 7700 (Agilent Technologies, SAD). Izvršena je analiza izotopa ^{75}As , ^{111}Cd , ^{201}Hg i ^{208}Pb . Preciznost, tačnost, linearnost, granica detekcije (*LOD*) i granica kvantifikacije (*LOQ*) su određeni spajkovanjem šest uzoraka zemljišta za svaki analizirani element različitim koncentracijama i šest slepih proba, primenom softvera MassHunter Software. Vrednost *LOD* je izračunata kao srednja vrednost koncentracija PTE slepih proba uvećana za trostruku vrednost standardne devijacije (*SD*), dok vrednost *LOQ* predstavlja srednju vrednost koncentracije slepih proba uvećana za desetostruku vrednost *SD*. *LOD* i *LOQ* su iznosili, redom, za As i Cd 0,001 i 0,003, za Hg 0,002 i 0,007 i za Pb 0,003 i 0,01 mg kg⁻¹. Preciznost je bila u opsegu od 0,69 do 12,1 %, a tačnost od 94,8 do 103,1 %.

Statistička analiza podataka je izvršena u računarskom programu IBM SPSS Statistics 25, a grafička obrada u OriginLab 8.5.

2.3 Procena ekološkog rizika

Geoakumulacioni indeks (I_{geo}) u ovom radu je I_{geo} izračunat prema jednačini:

$$I_{\text{geo}} = \log_2 \left[c(\text{PTE}) \times (k \times c_{\text{fon}}(\text{PTE}))^{-1} \right] \quad (1)$$

gde su $c(\text{PTE})$ izmerena koncentracija određenog PTE u istraživanom zemljištu, $c_{\text{fon}}(\text{PTE})$ prirodna fonska koncentracija tog PTE u zemljištu zapadne Srbije kome pripada istraživani prostor [15], a k korekcionni faktor za matriks zemljišta kojim se kompezuju prirodne fluktuacije u sadržaju PTE i zanemarljivi antropogeni uticaj (1,5) [14].

Faktor kontaminacije (*CF*) je izračunat prema jednačini (2) [12].

$$CF(\text{PTE}) = c(\text{PTE}) \times c_{\text{fon}}^{-1}(\text{PTE}) \quad (2)$$

Indeks ukupnog zagađenja (*PLI*) je koeficijent koji jedinstvenom vrednošću izražava nivo zagađenja svim istraživanim polutantima. Vrednost *PLI* je izračunata prema formuli (3). Vrednost *PLI* > 1 implicira postojanje kontaminacije zemljišta na datoj lokaciji istraživanim PTE [13].

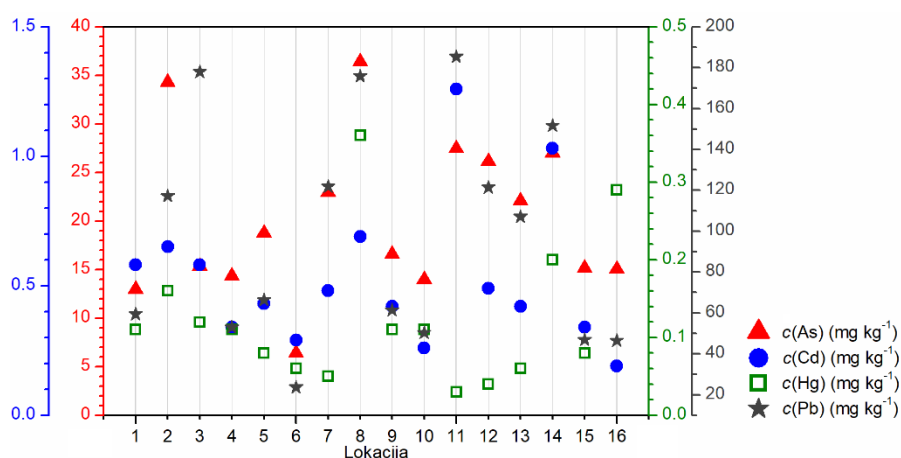
$$PLI = \sqrt[4]{CF(\text{As}) \times CF(\text{Cd}) \times CF(\text{Hg}) \times CF(\text{Pb})} \quad (3)$$

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1 Koncentracije potencijalno toksičnih elemenata

Koncentracije istraživanih PTE u svim uzorcima zemljišta su bile veće od *LOD* i *LOQ*. Opseg i srednja vrednost koncentracija PTE je prikazana u tabeli 1, a vrednosti na pojedinačnim parkovima i igralištima, odnosno lokacijama uzorkovanja na slici 1. Eksploatorna analiza je pokazala da su raspodele koncentracija As, Cd, Hg i Pb desno asimetrične što je jedan od prvih pokazatelja antropogenog porekla ovih elemenata u zemljištu. Šapiro–Vilkov test je pokazao da As i Pb prate normalnu raspodelu, a Grabsov test je kao ekstemne vrednosti (autlajere) identifikovao koncentracije Cd (1,26 i 1,03 mg kg⁻¹) i Hg (0,36 i 0,29 mg kg⁻¹) na četiri različite nepovezane lokacije.

Lokacije uzorkovanja su se međusobno znatno razlikovale u pogledu koncentracija PTE. Vrednost koeficijenta varijacije (CV) je bila u opsegu od 41 % za As do 74 % za Hg i jasno upućuje na antropogeni nejednaki unos ovih elemenata u istraživano zemljište. Sadržaj As i Pb u 50 % uzoraka i Hg u tri uzorka je bio veći od njihovih prirodnih fonskih koncentracija u zemljištu Zapadne Srbije koje iznose 17,50, 2,62, 0,19 i 63,88 mg kg⁻¹ za As, Cd, Hg i Pb, respektivno [15].



Slika 1. Koncentracije ispitivanih PTE prema lokaciji uzrokovanja

Izvor: Izvorno autorsko

Remedijacione vrednosti opasnih i štetnih materija utvrđene propisima Republike Srbije [16] nisu prekoračene ni za jedan od analiziranih PTE ni u jednom uzorku, dok su u odnosu na maksimalno dozvoljene koncentracije ovih elemenata za poljoprivredno zemljište koncentracije za As bile veće na pet i Pb na osam lokacija [17].

Tabela 1. Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti (u zagradi) koncentracija istraživanih potencijalno toksičnih elemenata u zemljištima gradova u Srbiji i svetu

Grad, država	$c(\text{As})/\text{mg kg}^{-1}$	$c(\text{Cd})/\text{mg kg}^{-1}$	$c(\text{Hg})/\text{mg kg}^{-1}$	$c(\text{Pb})/\text{mg kg}^{-1}$
Henares, Španija [2]	1,87–11,68 (4,83)	0,03–0,33(0,11)	< 0,002	3,03–290 (41,32)
Dongguan, Kina [3]	1,20–128 (13,33)	0,02–1,94 (0,25)	0,006–1,76 (0,15)	3,40–9149 (160)
Hualpen, Čile [4]	2,0–7,0 (3,0)	–	–	3,0–58,0 (6,0)
Pert, Australija [5]	1,46–7,91 (2,97)	0,03–0,53 (0,13)	–	3,48–5150 (253)
Jerevan, Jermenija [6]	0,43–1,5 (0,69)	0–11 (0,56)	0,02–0,15 (0,09)	0,59–32 (2,4)
Spokan, SAD [7]	3,6–16,7	0,02–0,17	–	10,9–55,3
Kos. Mitrovica [8]	15,7–571 (91,7)	0,3–27,1 (5,2)	–	390–34160 (5080)
Kragujevac [9]	7,5–20,22 (11,34)	1,72–3,27 (2,19)	–	15,33–46,69 (26,3)
Beograd [10]	1,1–3,1 (1,8)	–	–	5–786 (299)
Novi Sad [11]	2,1–11,1 (6,5)	–	–	8,9–999 (82,3)
Kruševac (ovaj rad)	6,4–36,4 (20,30)	0,19–1,26 (0,53)	(0,03–0,36) 0,12	23,65–185 (98)

Koncentracije PTE u istraživanom zemljištu su se nalazile u opsegu vrednosti koje su publikovane za sadržaj ovih elemenata u urbanom ili zemljištu parkova drugih gradova u Srbiji koje su prikazane u tabeli 1. Srednja vrednost koncentracije As je bila viša u odnosu na Beograd, Novi Sad i Kragujevac, ali znatno niža od Kosovske Mitrovice. Velike koncentracije As su najpre posledica visokih fonskih vrednosti As, s obzirom da odstupanje između srednje vrednosti koncentracije As i prirodne koncentracije ovog elementa nije značajno [15]. Pri ovim poređenjima, mora se imati u vidu da urbana zemljišta imaju drugačije karakteristike od „prirodnih“ zemljišta, usled narušene i vrlo heterogene vertikalne distribucije slojeva, drugačijih fizičko-hemijskih svojstava i sl.

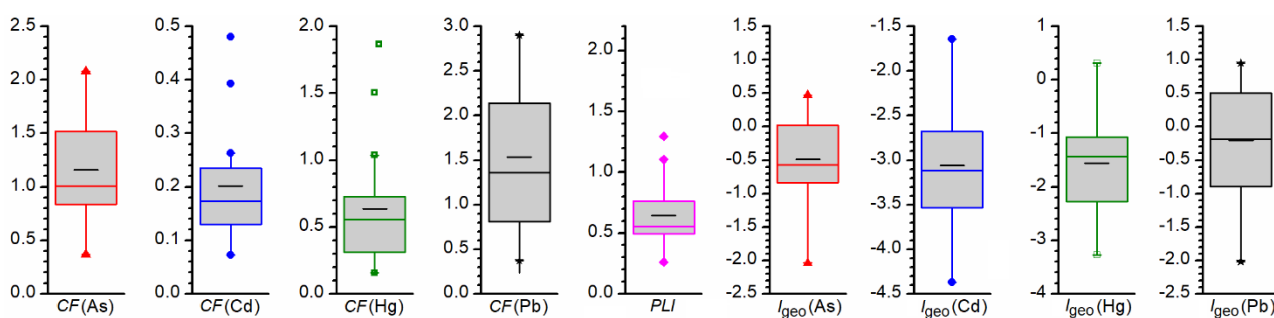
Srednja vrednost sadržaja Cd je bila niža u odnosu na druge gradove u Srbiji, dok je koncentracija Pb bila viša u odnosu na Kragujevac, uporediva sa Novim Sadom i višestruko niža od koncentracija

izmerenih u Beogradu. U odnosu na sadržaj PTE u zemljištima urbanih sredina gradova u svetu i Evropi prikazanih u tabeli 1. izmerene koncentracije u Kruševcu za Cd i Hg su u saglasju sa publikovanim rezultatima, koncentracije As su uglavnom nešto veće, dok su koncentracije Pb veće u odnosu na one gradove sa nižom frekvencijom saobraćaja i u kojima je upotreba benzina sa olovnim aditivima zabranjena krajem XX veka.

Uzrok povećanim koncentracijama Pb treba tražiti u upotrebi „olovnog“ benzina čija je upotreba u Srbiji zabranjena 2010. godine. Neki autori navode da uzrok povećane koncentracije As, Cd i Pb u urbanim zemljištima, a posebno parkovima mogu biti preparati za konzervaciju drveta koji su korišćeni u prošlosti i pesticidi na bazi arsena poput olovo-hidrogen arsenata [7], dok značajan izvor Pb u parkovima može biti i boja kojom je u prošlosti farban parkovski mobilijar [19]. Značajan izvor As, Cd i Pb u urbanim sredinama jeste sagorevanje fosilnih goriva, posebno uglja u individualnim ložištima [18], a jedan od izvora Cd je i trenje automobilskih guma i delova kočionog sistema motornih vozila [2].

3.2 Koncentracije potencijalno toksičnih elemenata

Boks dijagrami izračunatih pokazatelja zagađenja ispitivanih PTE istraživanog prostora su prikazani na slici 2. Prema vrednosti I_{geo} , zemljište može pripadati sledećim klasama: nekontaminirano ($I_{geo} \leq 0$), nekontaminirano do umereno kontaminirano ($0 < I_{geo} \leq 1$), umereno ($1 < I_{geo} \leq 2$), umereno do teško ($2 < I_{geo} \leq 3$), teško ($3 < I_{geo} \leq 4$), teško do ekstremno ($4 < I_{geo} \leq 5$) i ekstremno kontaminirano ($I_{geo} > 5$) [14]. Srednje vrednosti I_{geo} su u ovom istraživanju opadale sledećim redom $Pb > As > Hg > Cd$ i iznosile su $-0,20, -0,49, -1,56, -3,06$, respektivno, pri čemu su vrednosti ovog parametra bile manje od 1 na svim lokacijama uzorkovanja, osim dve lokacije u slučaju Hg, četiri za As i osam za Pb koje spadaju u klasu nekontaminiranog do umereno kontaminiranog zemljišta.



Slika 2. Boks dijagrami vrednosti pokazatelja zagađenja za ispitivane PTE (simbol – označava srednju vrednost pokazatelja)

Postoji četiri kategorije kontaminacije zemljišta na osnovu vrednosti CF : nekontaminirano zemljište ($CF < 1$), umerena ($1 < CF \leq 3$), značajna ($3 \leq CF < 6$) i vrlo velika ($CF \geq 6$). Vrednosti CF su se kretale u opsegu $0,37-2,08$ za As, $0,07-2,08$ za Cd, $0,16-1,87$ za Hg i $0,37-2,90$ za Pb, pri čemu je kategoriji umereno kontaminiranog zemljišta pripadalo osam, tri i devet uzoraka u pogledu sadržaja As, Hg i Pb, respektivno. Samo je na dve lokacije zabeležena istovremena umerena kontaminacija As, Cd i Pb što je rezultovalo vrednostima $PLI > 1$ za ova mesta uzorkovanja koja su označena brojevima 8 i 14 na kojima je PLI iznosio 1,3 i 1,1. Radi se o dva parka susedstva male površine od kojih se onaj na lokaciji broj 8 nalazi u neposrednoj blizini kružnog toka, a nekada jako prometne raskrsnice, a onaj na lokaciji broj 14 predstavlja parkovsku površinu polukružnog oblika ne veću od 100 m^2 koja je sa svih strana okružena prometnim ulicama zbog neposredne blizine gradske pijace, tako da se može pretpostaviti da je saobraćaj glavni razlog povišenih vrednosti koncentracija pre svega Pb. Povećanje koncentracija As na ove dve lokacije je najverovatnija posledica sagorevanja uglja zbog postojanja velikog broja individualnih ložišta.

4. ZAKLJUČAK

Analizom sadržaja As, Cd, Hg i Pb u zemljištu parkova i igrališta u Kruševcu utvrđeno je da su koncentracije As, Hg i Pb na nekim lokacijama bile povećane, dok su koncentracije Cd bile manje od njegovih fonskih koncentracija. Procena ekološkog rizika je pokazala da je istraživano zemljište nekontaminirano do umereno kontaminirano, a dve lokacije su identifikovane kao mesta sa postojanjem kontaminacije istraživanim PTE. I pored povišenih koncentracija istraživanih PTE na tim lokacijama, rizik po zdravlje stanovnika ne može biti značajan, jer se površine primarno koriste za sport i rekreaciju, te je vreme ukupne ekspozicije malo. Kao glavni izvori zagađenja odabranih PTE su označeni saobraćaj i sagorevanje uglja u individualnim ložištima. Buduća istraživanja trebaju biti usmerena na analizu PTE u dubljim slojevima zemljišta, utvrđivanje biološki dostupne frakcije njihovih koncentracija, procenu zdravstvenog rizika, posebno za dečiju populaciju, i primenu hemometrijskih metoda za identifikaciju izvora zagađenja.

LITERATURA

- [1] Tóth, G. et al.: Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment, *Science of The Total Environment*, Vol. 565 (2016), pp. 1054–1062
- [2] Peña-Fernández, A, et al.: Establishing the importance of human health risk assessment for metals and metalloids in urban environments, *Environment international*, Vol. 72 (2014), pp. 176–185
- [3] Wu, S. et al., Levels and health risk assessments of heavy metals in urban soils in Dongguan, China, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 148 (2015), pp. 71–78
- [4] Tume, P. et al.: Sources analysis and health risk assessment of trace elements in urban soils of Hualpen, Chile, *Catena*, Vol. 175 (2019), pp. 304–316
- [5] Rate, A. W.: Multielement geochemistry identifies the spatial pattern of soil and sediment contamination in an urban parkland, Western Australia, *Science of The Total Environment*, Vol. 627 (2018), pp. 1106–1120
- [6] Tepanosyan, G. Et al.: Heavy metals pollution levels and children health risk assessment of Yerevan kindergartens soils, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 142 (2017), pp. 257–265
- [7] Nezat, C. A., et al.: Heavy metal content in urban residential and park soils: A case study in Spokane, Washington, USA, *Applied Geochemistry*, Vol. 78 (2017), pp. 186–193
- [8] Gulan, Lj. et al., Correlation between radioactivity levels and heavy metal content in the soils of the North Kosovska Mitrovica environment, *Environmental Science: Processes and Impacts*, Vol. 15 (2013), No. 9, pp. 1735–1742
- [9] Stajic, J. M. et al.: Exposure of school children to polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals and radionuclides in the urban soil of Kragujevac city, Central Serbia, *Chemosphere*, Vol. 146 (2016), pp. 68–74
- [10] Marjanović, M. D. et al.: Heavy metals concentration in soils from parks and green areas in Belgrade, *Journal of Serbian Chemical Society*, Vol. 74 (2009), No. 6, pp. 697–706
- [11] Mihailović, A. et al., Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia: GIS based approach, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 150 (2015), pp. 104–114
- [12] Hakanson, L.: An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach, *Water Research*, Vol. 14 (1980), No. 8, pp. 975–1001
- [13] Tomlinson, D. L. et al.: Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index, *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, Vol. 33 (1980), No. 1–4, pp. 566–575
- [14] Muller G.: Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine river, *The Journal of Geology*, Vol. 2 (1969), No. 3, pp. 108–118
- [15] Institut za biološka istraživanja “Siniša Stanković“: *Utvrdjivanje prirodnog fona pojedinih štetnih i opasnih materija u zemljištu*, Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije, Beograd, (2018)
- [16] Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu, Službeni glasnik Republike Srbije, broj 30/2018 i 64/2019
- [17] Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja, Službeni glasnik Republike Srbije, broj 23/1994
- [18] Kleszcz, K. et al.: Arsenic, cadmium, lead and thallium in coal ash from individual household furnaces, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, Vol. 23 (2021) No. 5, pp. 1801–1809

=====
CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

7.05(082)(0.034.2)
502/504(497.11)(082)(0.034.2)
331.45/.46(082)(0.034.2)
005.6(082)(0.034.2)
655(082)(0.034.2)

НАУЧНО-стручни скуп Политехника (6 ; 2021 ; Београд)

Zbornik radova [Elektronski izvor] / Šesti naučno-stručni skup Politehnika 6, Beograd, 10. decembar 2021. godine ; [urednici Ivana Matić Bujagić ... [et al.]]. - Beograd : Akademija tehničkih strukovnih studija "Beograd", 2021 (Beograd : Akademija tehničkih strukovnih studija "Beograd"). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7498-087-3

а) Дизајн -- Зборници б) Животна средина -- Заштита -- Зборници в) Заштита на раду -- Зборници г) Управљање квалитетом -- Зборници д) Графичка индустрија -- Зборници

COBISS.SR-ID 53380105

=====