

UDK: 631.416.8:546.8

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

STEPEN OPTEREĆENOSTI OLOVOM, KADMIJUMOM, CINKOM I NIKLOM ZEMLJIŠTA RAZLIČITIH FIZIČKOHEMIJSKIH OSOBINA

Galić Zoran, Pilipović Andrej, Klašnja Bojana, Orlović Saša, Verica Vasić¹

Izvod: U radu su prikazani rezultati istraživanja stepena opterećenosti humusno akumulativnog horizonta četiri sistematske jedinice zemljišta različitih fizičkohemijskih osobina olovom, kadmijumom, cinkom i niklom. Teksturni sastav humusno akumulativnih horizonata je bio u intervalu od peskovite ilovače do ilovače. Najveća razlika je utvrđena u sadržaju humusa koji se kretao od 1,82 do 6,36 %.

Na istraživanim lokalitetima je utvrđena niska do srednja opterećenost olovom i kadmijumom. Visoka do vrlo visoka opterećenost humusnoakumulativnog horizonta je utvrđena za cink i nikl. U radu je izvršena i analiza izmenjive, redukujuće i oksidirajuće frakcije olova, kadmijuma i cinka. Najveći sadržaj redukujuće frakcije olova je konstatovana u sloju od 0 do 10 cm na humofluvisol i dve forme fluvisola. Najmanje razlike u izmenjivoj, redukujućoj i oksidirajućoj frakciji teških metala je utvrđena za kadmijum. Sadržaj redukujuće frakcije kod cinka od 24,16 mgkg⁻¹ je utvrđen u sloju od 10 do 20 cm na peskovitoj formi fluvisola, a najmanji od 13,55 mgkg⁻¹ na ilovastoj formi fluvisola na dubini od 0 do 10 cm. Sadržaj redukujuće frakcije nikla se kretala od 7,53 do 20,48 mgkg⁻¹.

Ključne reči: fluvisol, humofluvisol, fizičke osobine zemljišta, teški metali

LOAD OF LEAD, CADMIUM, ZINC AND NICKEL IN THE SOIL OF DIFFERENT PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

Abstract: The degrees of lead, cadmium, zinc and nickel loads in humus-accumulation horizon were researched in four systematic units of the soil of different physico-chemical properties. The textural composition of humus-accumulation horizons ranged in the interval from sandy loam to loam. The greatest difference was found in the content of humus which ranged from 1.82 to 6.36 %.

On the study sites, the load of lead and cadmium was low to medium. In the humus-accumulation horizon the load of zinc and nickel was high to very high. The exchangeable, reducing and oxidising fractions of lead, cadmium and zinc were analysed. The highest percentage of the reducing fraction of lead was measured in the layer 0 - 10 cm in

¹ Dr Zoran Galić, naučni saradnik; Mr Andrej Pilipović, istraživač saradnik; Dr Bojana Klašnja, naučni savetnik; Dr Saša Orlović, naučni savetnik; Mr Verica Vasić, istraživač saradnik; Istraživačko razvojni Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu u Novom Sadu, Antona Čehova 13, e-mail: galicz@uns.ns.ac.yu

Rad je finansiran sredstvima Ministarstva nauke i životne sredine Republike Srbije u okviru projekta Tehnološkog razvoja broj 6864 za period 2005-2007 godina

humofluvisol and two forms of fluvisol. The lowest differences in exchangeable, reducing and oxidising fractions of heavy metals were found in cadmium. The content of the reducing fraction of zinc, 24.16 mgkg⁻¹, was found in the layer 10 - 20 cm in sandy fluvisol, and the lowest content, 13.55 mgkg⁻¹, was found in loamy fluvisol at the depth of 0 - 10 cm. The content of the reducing fraction of nickel ranged from 7.53 to 20.48 mgkg⁻¹.

Key words: *fluvisol, humofluvisol, soil physical properties, heavy metals*

1. UVOD

Teški metali, kao što je poznato, se u zemljištu javljaju prirodno i kao posledica delovanja čoveka. Povećanje pritiska na životnu sredinu dovodi i do onečišćenja zemljišta teškim metalima. Iz navedenog razloga determinacija teških metala u zemljištu, atmosferi, biljci i sedimentima ima veoma važnu ulogu u monitoringu životne sredine. Međutim, ukupna količina teških metala u zemljištu nije u potpunosti dobar indikator za ocenu biološke aktivnosti, kao ni potencijalnog rizika u zemljištu (Chen et al., 1996). Iz navedenog razloga se poslednjih godina razmatraju metodi indentifikacije bioaktivnih formi teških metala u zemljištu (Wang et al., 2003). Kao najvažniji faktori od kojih zavisi biološka aktivnost teških metala su između ostalog, fizičke i hemijske osobine zemljišta.

U radu je izvršena analiza stepena opterećenosti olovom, kadmijumom, cinkom i niklom u humusno akumulativnom horizontu četiri sistematske jedinice zemljišta, kao i izmenljiva, oksidujuća i redukujuća frakcija ovih teških metala.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Terenskim istraživanjima je obuhvaćeno uzimanje uzoraka za laboratorijske analize na prethodno determinisanim sistematskim jedinicama zemljišta. Uzorci za utvrđivanje standardnih fizičkih i hemijskih osobina zemljišta, kao različitih frakcija teških metala su uzeti sa dve dubine i to od 0-10 cm i od 10 do 20 cm.

Uzorci su uzeti na četiri lokaliteta na Ogladnom dobru Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu u Novom Sadu i to:

lokalitet «Bašte» (koordinate N 45°17' 36,7'' E 19°52' 56,4'') – fluvisol f. peskovita

lokalitet «Lugarnica» (koordinate N 45°17'40,0'' E 19°53'24,1'') – fluvisol f. ilovasta

lokalitet «Petrovaradinsko» (koordinate N 45°17' 16,2'' E 19°53' 32,0'') - humofluvisol

lokalitet «Vrbak» (koordinate N 45°17' 48,6'' E 19°52' 30,0'') – fluvisol sa fosilnim

Granulometrijski sastav zemljišta je određen po međunarodnoj B pipet metodi, a teksturni sastav je određen po klasifikaciji Atteberga (Bošnjak et al., 1997). Hemijska svojstva određena su po sledećim metodama: humus (%) po Tjurinu u modifikaciji Simakova (Škorić i Sertić, 1966) i CaCO₃ (%) volumetrijski Scheiblerovim kalcimetrom (Hadžić et al., 2004). Frakcije teških metala su

urađene po modifikovanoj BCR metodi (Rauret et al., 2000), a očitane su na AAS proizvođača Varian.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

3.1. Fizičko hemijske osobine zemljišta

Prema Klasifikaciji zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985) zemljišta na ispitivanim lokalitetima su svrstana na lokalitetu Vrbak fluvisol sa fosilnim zemljištem morfološke građe profila $A_p - I - IIG_{so} - A_b$, na lokalitetu Bašte u fluvisol forma peskovita morfološke građe profila $A_p - IG_{so} - IIG_{so} - IIVG_{so}$, na lokalitetu Petrovaradinsko humofluvisol morfološke građe profila $A_a - C - G_r$ i na lokalitetu Lugarnica fluvisol forma ilovasta morfološke građe profila $A_p - IG_{so} - IIG_{so}$. S obzirom da se opterećenost teškim metalima, kao i sadržaj izmenljive, redukujuće i oksidujuće frakcije teških metala razmatra u humusno akumulativnom horizontu, granulometrijski sastav i teksturna klasa ovog horizonta je prikazana u tabeli 1.

Tabela 1: Granulometrijski sastav i teksturni sastav zemljišta u slojevima od 0 do 10 i od 10 do 20 cm humusnoakumulativnog horizonta

Table 1: Granulometric composition and texture in layers form 0-10 cm and from 10-20 cm in surface horizon

Lokalitet Site	Dub.(cm) Depth(cm)	Granulometrijski sastav (%) Granulometric composition (%)						Teksturna klasa Texture class
		Krupan pesak Coarse sand	Sitan pesak Fine sand	Prah Silt	Glina Clay	Ukupan pesak Total sand	Ukupna glina Total clay	
Vrbak	0-10	12,1	49,2	29,3	9,4	61,3	38,7	Ilovača Loam
	10-20	10,3	49,1	32,6	8,0	59,4	40,6	Ilovača Loam
Bašte	0-10	1,0	63,9	24,3	10,8	64,9	35,1	Peskovita ilovača Sandy loam
	10-20	0,3	62,5	25,9	11,4	62,8	37,2	Peskovita ilovača Sandy loam
Petrova.	0-10	1,9	46,9	38,1	13,1	48,8	51,2	Ilovača Loam
	10-20	1,0	45,4	38,8	13,9	47,3	52,7	Ilovača Loam
Lugarn.	0-10	3,9	65,1	24,2	6,2	69,0	31,0	Peskovita ilovača Sandy loam
	10-20	2,3	40,1	21,8	5,8	72,4	27,8	Peskovita ilovača Sandy loam

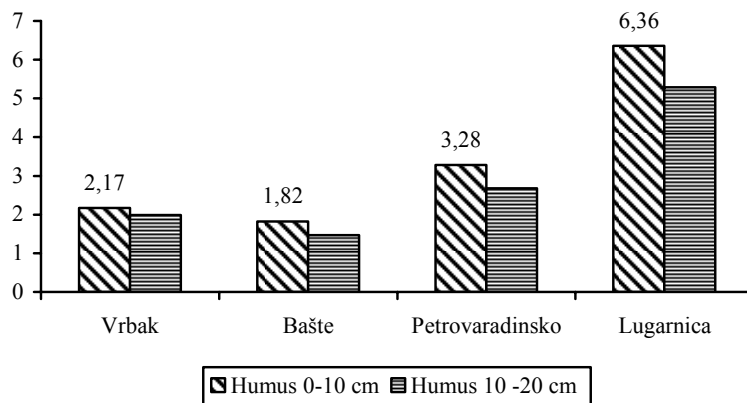
Najveći sadržaj ukupne gline u sloju od 0 do 10 cm, kao i u sloju od 10 do 20 cm je bio na lokalitetu «Petrovaradinsko», dok je najmanji sadržaj ove frakcije utvrđen na lokalitetu Lugarnica. Zemljišta pripadaju teksturnoj klasi peskovita ilovača do ilovača

Sadržaj humusa u humusno akumulativnom horizontu na dubini od 0 do 10 cm je bio veći od sadržaja na dubini od 10 do 20 cm na svim lokalitetima (Grafikon 1.). Sadržaj humusa se u sloju od 0 do 10 cm kretao od 1,82 % na lokalitetu «Bašte»

do 6,36% na lokalitetu «Lugarnica». Sadržaj na dubini od 10 do 20 cm u humusno akumulativnom horizontu je bio neznatno manji.

Grafikon 1. Sadržaj humusa

Graph 1. Humus content



3.1.1. Opterećenost zemljišta teškim metalima

Najtoksičniji teški metali za biljke i životinje su olovo, kadmijum, nikel i živa (Stefanovits, 1999), tako da je i težište istraživanja na akumulaciji ovih teških metala u zemljištu. Ukupan sadržaj navedenih teških metala odnosno opterećenost humusnoakumulativnog horizonta istraživanih zemljišta je prikazana u tabeli 2.

Tabela 2. Opterećenost teškim metalima humusnoakumulativnog horizonta

Table 2. Heavy metal load in surface horizon

Lokalitet Site	Dubina(cm) Depth(cm)	Opterećenost teškim metalima (mgkg ⁻¹) Heavy metal content (mgkg ⁻¹)				Stepen opterećenosti u odnosu na MDK za polj. zemljišta (%) Load degree related to MDK for agricultural soils (%)			
		Pb	Cd	Zn	Ni	Pb	Cd	Zn	Ni
Vrbak	0-10	20,4 S ¹⁾	0,28 N	59,1 S	25,4VV	20,43	9,33	19,72	50,96
	10-20	20,7 S	0,16 N	58,7 S	23,9 V	20,70	5,33	19,58	47,92
Bašte	0-10	22,0 S	0,36 S	82,6 S	31,1VV	22,02	12,00	27,56	62,28
	10-20	23,9 S	0,40 S	85,8 S	36,1VV	23,91	13,33	28,63	72,38
Petrovar.	0-10	12,4 S	0,09 N	83,5 S	25,8VV	12,41	3,00	27,84	51,72
	10-20	11,9 S	0,10 N	77,3 S	24,6 V	11,91	3,33	25,77	49,30
Lugarnica	0-10	9,7 N	0,52 S	84,8 V	19,5 V	9,77	17,33	28,28	39,16
	10-20	9,4 N	0,04 N	92,7 V	20,5 V	9,47	1,33	30,92	41,18
MDK ²⁾		100	3	300	50				

¹⁾ Oznake za opterećenost zemljišta teškim metalima: N – nisko, S – srednje, V – visoko, VV – veoma visoko; ²⁾ MDK – maksimalna dozvoljena koncentracija u poljoprivrednim zemljištima Srbije

¹⁾ Labels for the heavy metal load of soil: N – low, S – medium, V – high, VV – very high; ²⁾ MDK – maximal admissible concentration of heavy metal according to the regulation for agricultural soils in Serbia

Ocena stepena opterećenosti istraživanim teškim metalima je utvrđena na osnovu kriterijuma Brune Elinghaus (1981) za MDK poljoprivredna zemljišta (tabela 3).

Tabela 3. Stepenn opterećenosti u odnosu na MDK za poljoprivredna zemljišta (mgkg^{-1})

Table 3. The load degree in relation to MDK for agricultural soils (mgkg^{-1})

	Vrlo visok (VV) <i>Very high (VV)</i>	Visok (V) <i>High (V)</i>	Srednji (S) <i>Medium (S)</i>	Nizak (N) <i>Low (N)</i>	Vrlo nizak (VN) <i>Very low (VN)</i>
Olovo <i>Lead</i>	50-100	25-50	10-25	5-10	1-5
Kadmijum <i>Cadmium</i>	1,5-3	0,75-1,5	0,3-0,75	0,015-0,3	<0,015
Cink <i>Zink</i>	150-300	75-150	30-75	15-30	1-15
Nikl <i>Nickel</i>	25-50	12,5-25	5-12,5	2,5-5	1-2,5

Olovo je prvi metal koji je ekstrahovan iz rude (Nriagu et al., 1998) i jedan je od najtoksičnijih teških metala u životnoj sredini (Zhang, 2003). Globalno zagađivanje životne sredine je povezano sa nakupljanjem olova u životnoj sredini (Vrbek et al., 2001). S obzirom da olovo nije esencijalni element njegova toksičnost je izražena i u tragovima (Shroeder, 1973). Prema kriteriju za poljoprivredna zemljišta nizak sadržaj olova je u istraživanim sistematskim jedinicama zemljišta utvrđen u humusno akumulativnom horizontu na lokalitetu Lugarnica. U ostalim humusnoakumulativnim horizontima zemljišta je utvrđena srednja opterećenost ovim teškim metalom. Navedena pojava se može dovesti u vezu sa udaljenošću od saobraćajnice jer je lokalitet Lugarnica najudaljeniji. Nizak sadržaj kadmijuma je utvrđen na svim dubinama u humusnoakumulativnih horizonata izuzev na lokalitetu «Bašte», kao i na lokalitetu «Lugarnica» na dubini od 0 do 10 cm gde je utvrđena srednja opterećenost ovim teškim metalom. Opterećenost cinkom je srednja na lokalitetu Vrbak, a na ostalim lokalitetima je utvrđena visoka opterećenost ovim teškim metalom. Opterećenost niklom je visoka do vrlo visoka u svim humusnoakumulativnim horizontima na istraživanim zemljištima.

Međutim, ukupna količina teških metala u zemljištu nije u potpunosti dobar indikator za ocenu biološke aktivnosti, kao ni potencijalnog rizika u zemljištu (Chen et al., 1996). Iz navedenog razloga se poslednjih godina razmatraju metodi indentifikacije bioaktivnih formi teških metala u zemljištu (Wang et al., 2003).

Na grafikonima 2 i 3 su prikazane izmenljiva, redukujuća i oksidujuća frakcija olova, kadmijuma, cinka i nikla.

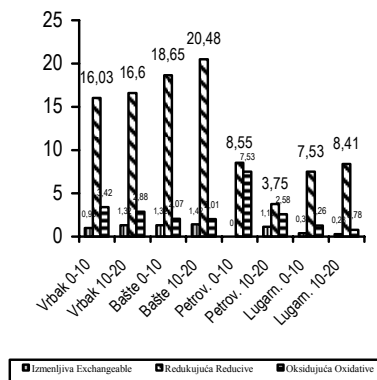
Najzastupljenija frakcija i kod olova i kod kadmijuma je redukujuća frakcija. Najveći sadržaj redukujuće frakcije kod olova je utvrđena u sloju od 0 do 10 cm na lokalitetu «Vrbak» i «Bašte» koji su približno na istoj udaljenosti od autoputa Subotica-Beograd (grafikon 2.). Na ostala dva lokaliteta je utvrđen manji sadržaj redukujuće frakcije olova. Od ostalih frakcija olova je utvrđen sadržaj oksidujuće frakcije ($0,42$ do $4,08 \text{ mgkg}^{-1}$) i to znatnom manjom intervalu u odnosu na redukujuću. Izmenljiva frakcija olova se na istraživanim lokalitetima kretala od $0,25$ do $1,32$ Razlika u odnosu na kadmijum je u tome što nije utvrđena oksidujuća frakcija. Redukujuća frakcija kod kadmijuma se kretala u intervalu od $0,07$ do $0,29$

mgkg^{-1} , dok se sadržaj izmenljive frakcije kadmijuma kretala od 0,01 do 0,11 mgkg^{-1} .

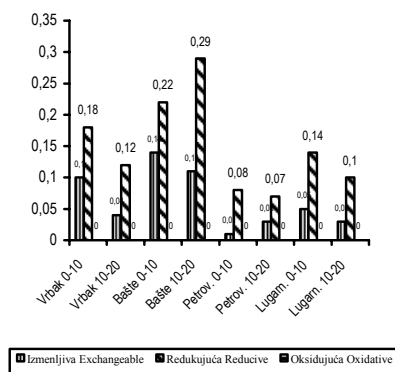
Grafikon 2. Sadržaj izmenljive, redukujuće i oksidujuće frakcije olova i kadmijuma u ispitivanim slojevima zemljišta (mgkg^{-1})

Graph 2. The content of exchangeable, reducing and oxidative fraction of lead and cadmium in examined soil layers (mgkg^{-1})

Olovo Lead



Kadmijum Cadmium

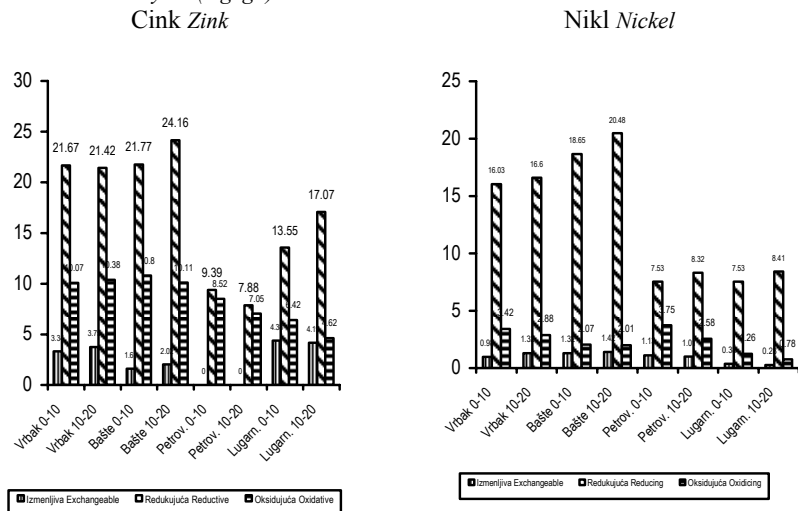


Na grafikonu 3. su prikazani sadržaji izmenljive, redukujuće i oksidujuće frakcije cinka i nikla.

Najveći sadržaj i kod cinka i kod nikla je utvrđena za redukujuću frakciju. Najveći sadržaj redukujuće frakcije kod cinka od $24,16 \text{ mgkg}^{-1}$ je utvrđen u sloju od 10 do 20 cm na lokalitetu Bašte, a najmanji od $13,55 \text{ mgkg}^{-1}$ na lokalitetu «Lugarnica» na dubini od 0 do 10 cm. Najveća variranja su utvrđena za redukujuću frakciju nikla koja se kretala od 7,53 do $20,48 \text{ mgkg}^{-1}$. Najmanja vrednost je utvrđena na lokalitetu «Petrovaradinsko», a najveća na lokalitetu «Bašte». Sadržaj izmenljive frakcije cinka se kretao od 0 do $4,38 \text{ mgkg}^{-1}$ na lokalitetu «Lugarnica» na dubini od 0 do 10 cm. Sadržaj oksidujuće frakcije cinka se kretao od 4,62 na lokalitetu Lugarnica u sloju od 10 do 20 cm do $10,8 \text{ mgkg}^{-1}$ na lokalitetu Bašte na dubini od 0 do 10 cm. Sadržaj izmenljive frakcije nikla je bio u granicama od 0,28 do $1,42 \text{ mgkg}^{-1}$. Nešto veće variranje je utvrđeno za oksidirajuću frakciju nikla koja se kretala od 0,78 do $3,42 \text{ mgkg}^{-1}$.

Stepen opterećenosti istraživanih zemljišta je bio za olovo nizak do srednji, za kadmijum nizak do srednji, za cink srednji do visok, a za nikl visok do vrlo visok. Na lokalitetima «Vrbak» i «Bašte» je utvrđeno vrlo visoka opterećenost niklom. Na oba ova lokaliteta je utvrđeno da se sadržaj redukujuće frakcije u ukupnom sadržaju nikla kreće u intervalu od 57 do 69%. Na ostala dva lokaliteta opterećenost je visoka, a sadržaj redukujuće frakcije je od 29 do 41%. Preovlađujuća frakcija za olovo i kadmijum je isto redukujuća, ali je opterećenost bila srednja tako da se neće komentarisati.

Grafikon 3. Sadržaj izmenljive, redukujuće i oksidujuće frakcije cinka i nikla u ispitivanim slojevima zemljišta (mgkg^{-1})
 Graph 3. The content of exchangeable, reducing and oxidative fraction of lead and cadmium in examined soil layers (mgkg^{-1})



4. ZAKLJUČAK

Istraživanja su obavljena u slojevima od 0 do 10 cm i od 10 do 20 cm u humusno akumulativnim horizontima četiri različite sistematske jedinice zemljišta lokalitet «Bašte», «Lugarnica», «Petrovaradinsko (koordinate N 45°17' 16,2'' E 19°53' 32,0'') i «Vrbak».

Sadržaj ukupne gline u sloju od 0 do 10 cm, kao i u sloju od 10 do 20 cm je bio najveći na lokalitetu «Petrovaradinsko», dok je najmanji sadržaj ove frakcije utvrđen na lokalitetu Lugarnica.

Sadržaj humusa u humusno akumulativnom horizontu na dubini od 0 do 10 cm je bio veći od dubine od 10 do 20 cm na svim lokalitetima. Sadržaj humusa se u sloju od 0 do 10 cm kretao od 1,82 % na lokalitetu «Bašte» do 6,36 % na lokalitetu «Lugarnica». Najveći sadržaj redukujuće frakcije olova je utvrđena u sloju od 0 do 10 cm na lokalitetu «Vrbak» i «Bašte». Najmanje razlike u izmenljivoj, redukujućoj i oksidirajućoj frakciji teških metala je utvrđena za kadmijum. Sadržaj redukujuće frakcije kod cinka od $24,16 \text{ mgkg}^{-1}$ je utvrđen u sloju od 10 do 20 cm na lokalitetu «Bašte», a najmanji od $13,55 \text{ mgkg}^{-1}$ na lokalitetu «Lugarnica» na dubini od 0 do 10 cm. Sadržaj izmenljive frakcije cinka se kretao od 0 do $4,38 \text{ mgkg}^{-1}$ na lokalitetu Lugarnica na dubini od 0 do 10 cm. Sadržaj oksidujuće frakcije cinka se kretao od $4,62$ na lokalitetu «Lugarnica» u sloju od 10 do 20 cm do $10,8 \text{ mgkg}^{-1}$ na lokalitetu «Bašte» na dubini od 0 do 10 cm. Sadržaj izmenljive frakcije nikla je bio u granicama od $0,28$ do $1,42 \text{ mgkg}^{-1}$. Nešto veće variranje je utvrđeno za oksidirajuću frakciju nikla koja se kretala od $0,78$ do $3,42 \text{ mgkg}^{-1}$. Najveća variranja su utvrđena za redukujuću frakciju nikla koja se kretala od $7,53$ do $20,48 \text{ mgkg}^{-1}$. Ukupna

opterećenost humusnoakumulativnog horizonta olovom i kadmijumom je bila niska, cinka srednja, a nikla visoka. Na lokalitetima «Bašte» i «Vrbak» je utvrđeno da se sadržaj redukujuće frakcije kreće u intervalu od 57 do 69%. Preovlađujuća frakcija za olovo i kadmijum je isto redukujuća.

Rezultati istraživanja upućuju na opterećenost zemljišta niklom, tako da postoji potreba da se nastave istraživanja koji obuhvataju zemljišta, u okviru kompleksnog monitoringa životne sredine.

LITERATURA

- Biasoli M., Barberis R., Ajmone-Marsan F. 2006. The influence of a large city on some soil properties and metals content. *Science of the Total Environment* vol 356 p. 154-164
- Bošnjak Đ., Hadžić V., Babović D., Kostić N., Burlica Č., Đorović M., Pejković M., Mihajlović T.D., Stojanović S., Vasić G., Stričević Ružica, Gajić B., Popović V., Šekularac Gordana, Nešić Ljiljana, Belić M., Đorđević A., Pejić B., Maksimović Livija, Karagić Đ., Lalić Branislava, Arsenić I. 1997. Metode istraživanja i određivanja svojstava zemljišta. *Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta Komisija za fiziku zemljišta*, str. 278, Novi Sad.
- Brune H., Ellinghaus 1981. Schwermetallgehalte in Landwirtschaftlich genutzten Ackerboden Hessens. *Landw. Forschung* 38: 338-349, Trier.
- Chen B., Shan X.Q., Qian J., 1996. Bioavailability index for quantitative evaluation of plant availability of extractable soil trace elements. *Plant Soil* 186, 275-283.
- Hadžić V., Belić M., Nešić Lj. 2004. Praktikum iz pedologije. *Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo*, str. 80.
- Crnković D., Ristić M., Antonović D. (2006). Distribution of heavy metals and arsenic in soils of Belgrade (Serbia and Montenegro). *Soil & Sediment Contamination* vol 15 p. 581-589
- Nriagu J.O. 1998. Tales told in lead. *Science* 281, 1622-1625
- Rauret G., Lopez-Sanche J.F., Sahaquillo A., Barahona E., Lachica M., Ure A.M., Davidson C.M., Gomez A., Luck D., Bacon J., Yli-Halla M., Muntau H., Quevauviller Ph. 2000. Application of a modified BCR sequential extraction (three-step) procedure for the determination of extractable trace metal contents in sewage sludge amended soil reference material (CRM 483), complemented by a three-year stability study of acid and EDTA extractable metal content. *Journal of Environmental Monitoring*, 2, 228-233.
- Schroeder H.A. 1973. *The trace elements and Nutrition*. Faber and Faber, London
- Stefanovits P., Filep Gy., Fuleky Gy. 1999. *Talajtan. Mezogazda kiado Budapest.*, p 1-469
- Škorić, A., Filipovski, G. i Ćirić, M. 1985. *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*, Akademija nauke i umjetnosti Bosne i Hercegovine, str. 66, Sarajevo

- Škorić A., Sertić V. 1966. Analiza organske materije (humusa) u zemljištu. U Priručniku za ispitivanje zemljišta knjiga I – Hemijske metode ispitivanja zemljišta, JDPZ, str. 41-46.
- Vrbek, B., Pilaš, I. 2001.0 Sadržaj teških kovina (Pb, Cu, Zn i Cd) u kalkokambisolu na području pošumljenih površina krša Hrvatske. Radovi Šumarskog Instituta 36 (2): 139-150, Jastrebarsko
- Wang S.W., Shan X.Q., Wen B., Yhang S.Z. 2003. Relationship between the extractable metals from soils and metals taken up by maize roots and shoots. Chemosphere 53, 523-530.
- Zhang Y. 2003. 100 Years of Pb deposition and transport in soils in champaign, Illinois, U.S.A. Water Air Soil Pollut. 146, 197-210.

Summary

**LOAD OF LEAD, CADMIUM, ZINC AND NICKEL IN THE SOIL OF DIFFERENT
PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES**

by

Galić Zoran, Pilipović Andrej, Klačnja Bojana, Orlović Saša, Verica Vasić

The contents of exchangeable, reducing and oxidising fractions of lead, cadmium, zinc and nickel, as well as the load of heavy metals was researched in four different soil systematic units.

The layers at the depth of 0 - 10 cm and 10 - 20 cm in the humus-accumulation horizon have different contents of silt+clay fractions, and consequently different textural composition. The content of humus in the layers of the humus-accumulation horizons ranged from 1.82 to 6.32%. The highest content of the reducing fraction of lead was determined in the layer 0 - 10 cm, at the sites Vrbak and Bašte. The lowest differences in the exchangeable, reducing and oxidising fractions of heavy metals were determined in cadmium. The highest content of the reducing fraction of zinc, 24.16 mgkg^{-1} , was found in the layer 10 - 20 cm at the site Bašte, and the lowest, 13.55 mgkg^{-1} , was found at the site Lugarnica at the depth of 0 - 10 cm. The content of the reducing fraction of nickel ranged from 7.53 to 20.48 mgkg^{-1} . In the humus-accumulation horizon of the study soils, the total load of lead and cadmium was low, the load of zinc was medium, and the load of nickel was high. The most represented fraction for nickel, lead and cadmium was the reducing fraction.

The research results point out the load of nickel in the soil, so it is necessary to continue the research of the soil within the monitoring of the environment.