



## Poreklo i sadržaj nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima Srema

Dušana Dozet • Ljiljana Nešić • Milivoj Belić • Darinka Bogdanović •  
Jordana Ninkov • Tijana Zeremski • Dušan Dozet • Borislav Banjac

primljeno / received: 30.03.2011. prerađeno / revised: 12.05.2011. prihvaćeno / accepted: 24.05.2011.  
© 2011 IFVC

**Izvod:** U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja 30 reprezentativnih uzoraka aluvijalno-deluvijalnih zemljišta Srema. Ispitana su osnovna hemijska svojstva: aktivna kiselost zemljišta (pH u H<sub>2</sub>O), supstitucionna kiselost (pH u 1M KCl), sadržaj CaCO<sub>3</sub>, humusa, ukupnog azota, kao i lakopristupačnog fosfora i kalijuma. Prikazane su osobine, poreklo, ponašanje i sadržaj ukupnog i lakopristupačnog nikla u zemljištu. Srednja vrednost ukupnog nikla ispitivanih uzoraka zemljišta je iznad MDK i iznosi 115,95 mg kg<sup>-1</sup> zemljišta, dok srednja vrednost lakopristupačnog nikla iznosi 1,484 mg kg<sup>-1</sup>. Procentualni udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom je dobar pokazatelj porekla zagađenja zemljišta. Pošto je utvrđen nizak procentualni udeo lakopristupačnog nikla u ukupnom (u proseku 1,36%), sledi zaključak da je sadržaj Ni u zemljištima Srema prirodnog porekla i da nema opasnosti od ulaska ovog elementa u lanac ishrane.

**Cljučne reči:** aluvijalno-deluvijalna zemljišta, hemijska svojstva, nikel

### Uvod

Ubrzan tehnološki i naučno-tehnički razvoj doveli su do povećanja broja izvora zagađenja biosfere i pedosfere. Najznačajniji od njih su različita hemijska sredstva, otpaci industrijskih postrojenja, materijali koji se koriste u cilju intenziviranja poljoprivredne proizvodnje i slično, a poslednjih decenija se velika pažnja poklanja teškim metalima, među kojima je i nikel.

Proučavanje teških metala u zemljištima Srbije započeto je devedesetih godina prošlog veka kao sastavni deo velikog projekta „Kontrola plodnosti zemljišta i utvrđivanje sadržaja štetnih i opasnih materija u zemljištima Republike Srbije“. Tokom izvođenja projekta došlo se do zaključka da je u obradivim zemljištima u dolini reke Velika Morava (aluvijalna zemljišta-fluvisoli, livadsko-semiglejna zemljišta i eutrični kambisol-gajnjače) sadržaj nikla

preko dozvoljenih vrednosti za obradiva zemljišta (Jakovljević i sar. 1993, cit. Antić-Mladenović, 2004). Ovi autori zaključuju da su najveći izvori nikla i drugih teških metala, minerali u kojima se oni prirodno nalaze, ali ne isključuju i mogućnost antropogenog zagađenja zemljišta ovim elementima. Antić-Mladenović (2004) iznosi rezultate o povišenom sadržaju nikla u Pomoravlju i ističe da je on rezultat aluvijalno-deluvijalnih procesa, kojima nikel sa planine Rudnik dospeva u ovo područje. Prema istoj autorki pH vrednost zemljišta ima presudan uticaj na mobilnost i pristupačnost nikla u zemljištu. Ona navodi da snižavanje pH vrednosti na 6,0 u ispitivanim uzorcima zemljišta ne bi prouzrokovalo značajniji prelazak nikla u hemijski mobilnije oblike, bez obzira na oksido-redukcijske uslove.

Razna istraživanja su pokazala da zemljišta u različitim delovima sveta sadrže enormno visoke koncentracije nikla i teških metala uopšte, posebno u urbanim i razvijenim industrijskim područjima (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Međutim, u mnogim zemljama, kao i u našoj, povećane koncentracije Ni potiču prvenstveno iz geohemijskih izvora. Tako je u centralnoj Srbiji

Dušana Dozet (✉)  
Poljoprivredna škola sa domom učenika, Carice Milice 2, 21410 Futog,  
Srbija  
e-mail: dusana.dozet@gmail.com

Lj. Nešić • M. Belić • D. Bogdanović • B. Banjac  
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Trg Dositeja  
Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija

J. Ninkov • T. Zeremski • Dušan Dozet  
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi  
Sad, Srbija

Rad je deo istraživanja na projektu „Zagađenost zemljišta opasnim i štetnim materijama i mogućnost primene različitih metoda remedijacije“ koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije 2008-2010.

Ni najčešći polutant (u odnosu na druge teške metale), javlja se kako na zemljištima na ultrabazičnim i bazičnim stenama (Zlatibor, Maljen, Suvobor, planinski kompleks oko reke Ibar), tako i u dolinama reka (Velika Morava, Kolubara i Zapadna Morava), na aluvijumima koji delom potiču od ovih stena (Mrvić i sar. 2009, Sikirić i sar. 2010).

Ubavić i sar. (1993) navode da je prosečan sadržaj nikla u ispitivanim uzorcima sa teritorije AP Vojvodina iznosio  $14,77 \text{ mg kg}^{-1}$ , a varirao je u opsegu  $1,78\text{--}62,66 \text{ mg kg}^{-1}$ . Od ukupno 1600 analiziranih uzoraka, dva su imala sadržaj nikla preko MDK. To su bili uzorci uzeti sa teritorije Vršca, što može da se objasni geološkom podlogom na kojoj je to zemljište obrazovano.

Iako nivo teških metala u većini poljoprivrednih zemljišta još uvek nije tako visok da bi pro-uzrokovao akutne probleme toksičnosti, njihova koncentracija je iz godine u godinu sve veća, pa se ovom problemu mora posvetiti velika pažnja (Bogdanović i sar. 1997, 2005, 2007). Važna je i činjenica da zemljišta zagađena ovim metalima predstavljaju veliki problem za životnu sredinu, jer mnogi od njih su postojani stotinama i hiljadama godina.

Cilj istraživanja ovog rada je da se upoznaju faktori koji utiču na ponašanje i biopristupačnost nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima Srema, utvrdi ukupan i lakopristupačan sadržaj ovog teškog metala, kao i da se proceni njegovo poreklo i potencijalni štetni uticaj na životnu sredinu.

## Materijal i metod

U cilju kontrole plodnosti i sagledavanja sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištima Srema i eventualno njegove degradacije u širem smislu, u toku septembra i oktobra 2006. prikupljeno je 250 uzoraka različitih tipova zemljišta. Od ukupno 30 uzoraka aluvijalno-deluvijalnih zemljišta, kod 24 uzorka je utvrđen povećan sadržaj ukupnog nikla. Oni su odabrani za dalju analizu u ovom radu, kako bi se u njima utvrdio sadržaj lakopristupačnog nikla.

Uzorci zemljišta su uzimani u narušenom stanju prema odredbama Sistema kontrole plodnosti zemljišta, tj. agrohemijskom sondom, do dubine od 30 cm, po sistemu kružnih kontrolnih parcela. Svaki uzorak prate i podaci o njegovom tačnom položaju sa koordinatama, do kojih se došlo upotrebom GPS tehnologije (Global Positioning System). Laboratorijska ispitivanja su urađena u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Prilikom laboratorijskih ispitivanja određena su sledeća

svojstva zemljišta: 1. osnovna hemijska svojstva, 2. ukupni i lakopristupačni sadržaj nikla.

Osnovna hemijska svojstva zemljišta analizirana su sledećim metodama: 1. pH-vrednost u  $\text{H}_2\text{O}$  i 1M KCl; 2. sadržaj  $\text{CaCO}_3$  volumetrijski, pomoću Scheiblerov-og kalcimetra; 3. sadržaj humusa metodom Tjurin-a; 4. ukupan sadržaj azota, računski iz humusa; 5. lakopristupačni fosfor (ekstrakcija sa amonijum laktatom) - AL metodom i spektrofotometrijski; 6. lakopristupačni kalijum (ekstrakcija sa amonijum laktatom) - AL metodom i plamenom fotometrijom.

Ukupan sadržaj Ni određen je u ekstraktu zemljišta sa koncentrovanom  $\text{HNO}_3$ , a lakopristupačni sadržaj ekstrakcijom zemljišta u  $0,05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  EDTA prema proceduri BCR IRMM za referentni materijal CRM 484. Iz ekstrakta je sadržaj nikla određen tehnikom indukovanog kuplovanje plazme na ICP OES VistaPro Varian.

Podaci su statistički obrađeni i izvedene su minimalne, maksimalne i srednje vrednosti za sva ispitivana svojstva.

## Rezultati i diskusija

Aluvijalno-deluvijalna zemljišta formirana su od aluvijalnih i deluvijalnih nanosa uz brojne potoke koji se spuštaju sa Fruške gore i čiji se materijal neprekidno nanosi, naročito s proleća po otapanju snega (Živković i sar. 1972). Ova zemljišta odlikuju se vrlo heterogenom morfologijom, mehaničkim i mineraloškim sastavom kao i hemijskim svojstvima, što je posledica osobina pojedinih nanosa i uslova njihovog taloženja. Plodnije su površine sa dubljim i homogenim slojevima, srednje teškog mehaničkog sastava i tamo gde su nanosi stariji i konsolidovani te su zahvaćeni pedogenetskim procesom, najčešće ogajnjačavanjem (Miljković 1975).

### *Osnovna hemijska svojstva*

Reakcija zemljišta je određena u dve disperzne sredine. Vrednosti pH merene u vodi predstavljaju aktivnu kiselost zemljišta dok vrednosti pH merene u 1M KCl predstavljaju supstitucionu kiselost, koja je značajna pri upotrebi mineralnih đubriva, jer pokazuje u kojoj meri može da se poveća aktivna kiselost zemljišta pri upotrebi đubriva u obliku neutralnih soli. Reakcija zemljišta veoma utiče na pristupačnost metala biljakama. Toksičnost i mobilnost teških metala je veća u kiselim zemljištima. Proces desorpcije metala opada sa rastom pH vrednosti, usled ireverzibilnog vezivanja metala stvaranjem kompleksnih jedinjenja i obrnuto, pri smanjenju pH vrednosti, opada proces apsorpcije metala i povećava se njihova

Tabela 1. Osnovna hemijska svojstva aluvijalno-deluvijalnih zemljišta Srema  
 Table 1. Main chemical properties of alluvial-diluvial soils of Srem

Brj uzorka Sample no.	Lokalitet Site	GPS pozicija koordinate GPS position coordinates		pH u/ in KCl	pH u/in H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> %	Humus %	Ukupni azot Total nitrogen %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O mg 100g <sup>-1</sup>
		x	y							
1.	Vrdnik-centar	4998750	7405000	7,30	8,20	5,97	4,53	0,291	24,20	37,70
2.	Grabovac	4998750	7413000	6,53	7,77	0,08	2,01	0,149	11,10	24,40
3.	Lipovac	4982750	7365000	6,51	8,08	0,26	2,61	0,194	6,70	11,89
4.	Pavlovci	4990750	7405000	7,42	7,97	8,52	3,38	0,232	192,50	131,10
5.	Međeš	4986750	7417000	7,60	8,72	14,06	1,38	0,119	21,30	21,20
6.	Lisačka	4974750	7353000	7,10	8,10	11,54	3,28	0,225	5,90	10,62
7.	Opojevci	4974811	7359188	5,64	6,49	0,08	7,83	0,502	3,20	13,14
8.	Bela Crkva	4975328	7364365	6,99	8,01	1,54	5,90	0,378	3,80	11,23
9.	Sremska Rača	4975482	7367179	6,78	7,75	0,85	4,32	0,277	31,70	32,48
10.	Bara	4970750	7345000	6,17	7,53	0,85	1,79	0,154	3,40	2,38
11.	reka Sava	4970750	7401000	7,30	8,14	11,96	3,37	0,231	3,30	11,40
12.	Lovni rezervat	4966750	7401000	6,80	7,65	0,43	3,68	0,252	134,00	54,50
13.	Vitojevačko jezero	4954750	7409000	7,25	7,97	6,57	6,60	0,423	6,70	23,60
14.	Lanjača	4954750	7413000	7,31	7,98	12,32	4,23	0,272	188,50	63,50
15.	Nedozrela bara	4954750	7421000	7,12	7,98	2,46	5,27	0,338	35,30	32,30
16.	Savica	4951656	7412998	7,13	7,92	4,11	6,54	0,419	5,50	17,30
17.	Crepovac	4950750	7417000	7,24	8,03	10,68	5,27	0,338	14,50	11,80
18.	pored Save	4950750	7421000	7,21	8,13	9,44	4,36	0,280	5,50	14,50
19.	Kupinovo-šuma	4950750	7425000	7,06	8,07	4,11	4,18	0,268	6,80	18,20
20.	Kupinski kut	4945126	7417134	7,35	8,09	13,55	4,64	0,297	12,00	19,10
21.	Kupinski kut	4947101	7420761	7,33	8,08	13,14	5,48	0,351	11,90	19,50
22.	Poloj	4980444	7377322	7,36	8,14	17,64	2,71	0,201	2,10	10,44
23.	Vrbovača bara	4966704	7398930	7,19	7,91	4,62	6,43	0,412	4,80	17,20
24.	Progor	4950750	7429000	7,20	8,13	9,66	4,41	0,283	4,50	11,97
	Maksimalna vrednost/Maximum value			7,60	8,72	17,64	7,83	0,50	192,50	131,10
	Minimalna vrednost/Minimum value			5,64	6,49	0,08	1,38	0,12	2,10	2,38
	Srednja vrednost/Mean value			7,04	7,95	6,85	4,34	0,29	30,80	25,89

toksičnost usled rastvaranja organske materije (Kabata-Pendias & Pendias 2001).

Prema vrednosti supstitucione kiselosti analizirana zemljišta su neutralne reakcije (pH 7,04), dok su prema aktivnoj kiselosti umereno alkalna pH 7,95 (Tab. 1), te se ne očekuje povećana pristupačnost Ni u ispitivanim uzorcima.

Analize su pokazale da aluvijalno-deluvijalna zemljišta Srema u pogledu sadržaja kalcijum-karbonata (CaCO<sub>3</sub>) pripadaju grupi karbonatnih (6,85%). Ispitivana zemljišta su jako humusna (4,34%) i u pogledu ukupnog azota (0,290%) dobro obezbeđena (Tab. 1).

Fosfor se u zemljištu nalazi u organskoj i neorganskoj formi. Ako se fosfor nalazi u organskom obliku, onda je mineralizacija preduslov za njegov prelazak u rastvor. Međutim, za rastvorljivost i dinamiku fosfora, mnogo veći značaj imaju mineralna jedinjenja fosfora-fosfati.

Fosfor sa Ni gradi slabo rastvorljive soli kao što su Ni<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O i Ni<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2NiHPO<sub>4</sub>, čime se količina Ni u zemljišnom rastvoru drastično smanjuje (Ubavić & Bogdanović 1995). Analiza uzoraka aluvijalno-deluvijalnih zemljišta Srema je pokazala da oni imaju vrlo visok sadržaj lakopristupačnog fosfora (30,80 mg 100g<sup>-1</sup>) i visok sadržaj K<sub>2</sub>O (25,89 mg 100g<sup>-1</sup>), kao što je prikazano u tabeli 1.

#### Nikal

Visok sadržaj Ni u životnoj sredini deluje toksično na sve žive organizme. Budući da je zemljište glavni izvor Ni za biljke i kao nutrijenta i kao toksikanta, ispitivanje njegove pristupačnosti je od velikog značaja. Biljke usvajaju mikroelemente iz zemljišta u malim količinama, ali kada se nađu u količini koja prelazi optimalnu mogu veoma štetno da deluju na njihov rast i razvoj.

Koncentracija Ni u ispitivanim uzorcima zemljišta prelazila je vrednost maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK >50 mg kg<sup>-1</sup> zemljišta, prema Službenom Glasniku RS 23/1994). Vrednosti ukupnog nikla su se kretale u granicama od 52,87 mg kg<sup>-1</sup> na lokalitetu Pavlovci do 254,87 mg kg<sup>-1</sup> (lokalitet Grabovac). Srednja vrednost ukupnog nikla za sve ispitivane uzorke aluvijalno-deluvijalnih zemljišta iznosi 115,95 mg kg<sup>-1</sup> (Tab. 2 i Graf. 1). Do sličnih rezultata o sadržaju ukupnog nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima došli su Jakovljević & Antić-Mladenović (1997) ispitivanjem zemljišta iz doline reke Velika Morava. U navedenom istraživanju utvrđeno je da ukupni sadržaj nikla varira u intervalu 50-174 mg kg<sup>-1</sup>, sa prosekom od 114 mg kg<sup>-1</sup>.

Istraživanje je pokazalo da su lokaliteti sa povišenim sadržajem Ni većim delom iz jugoistočnog dela Srema, sa lesne terase, što je saglasno sa rezultatima Jakovljević i sar. (1993 cit. Antić-Mladenović 2004), prema kojima je koncentracija

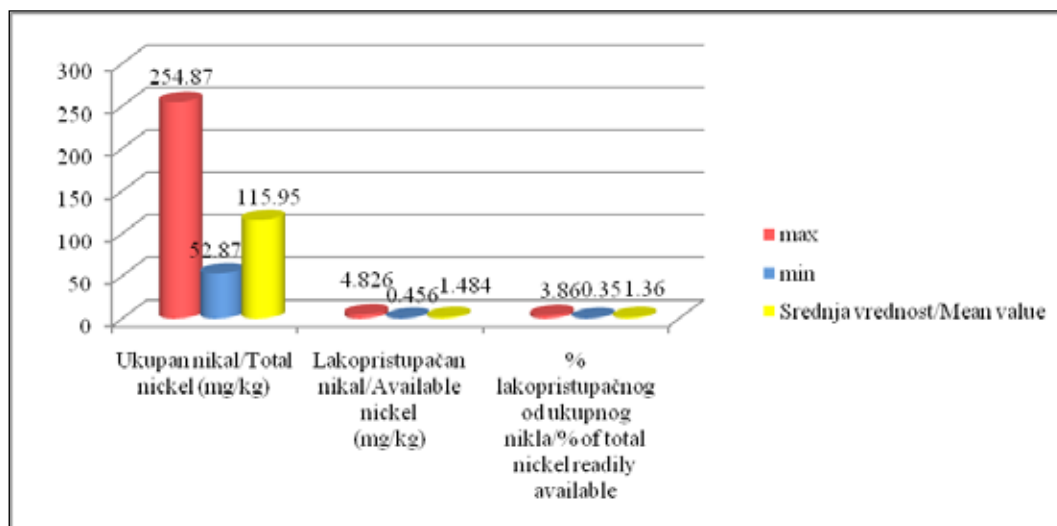
teških metala bila veća u mlađim aluvijalnim zemljištima, posebno onim obrazovanim na materijalu pretaloženom tokom holocena.

Povišen sadržaj nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima može da se objasni i činjenicom da su sremska lesna terasa i priobalno područje Save izloženi uticaju aluvijalno-deluvijalnih procesa, kojima nikal iz ultrabazičnih stena sa Fruške gore dospeva u ovo područje. Ultrabazične (serpentinke) stene se javljaju na potezu od Sviloša i Grabova, pa sve do iznad Rakovca, gde se uzdižu do samog Iriškog Venca i prelaze na južnu podgorinu, gde se zapažaju u brojnim potocima (Miljković 1975).

U cilju utvrđivanja porekla povećanog sadržaja nikla u zemljištu, kao i ocene opasnosti od ulaska ovog teškog metala u lanac ishrane na poljoprivrednim zemljištima, dodatnim analizama izmeren je sadržaj lakopristupačnog Ni u zemljištu. Sadržaj lakopristupačnog nikla se kretao u granicama od 0,337 mg kg<sup>-1</sup> (lokalitet Međeš) do

Tabela 2. Sadržaj nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima Srema  
Table 2. The nickel content in alluvial-diluvial soils of Srem

Br. uzorka Sample no.	Lokalitet Site	Ukupan nikal Total nickel (mg kg <sup>-1</sup> )	Lakopristupačan	
			nikal Available nickel (mg kg <sup>-1</sup> )	% lakopristupačnog od ukupnog nikla % of readily available out of total nickel
1.	Vrdnik-centar	134,39	1,710	1,27
2.	Grabovac	254,87	3,832	1,50
3.	Lipovac	73,65	1,227	1,67
4.	Pavlovci	52,87	0,921	1,74
5.	Međeš	84,82	0,337	0,40
6.	Lisačka	188,09	0,732	0,39
7.	Opojevci	202,22	4,826	2,39
8.	Bela Crkva	215,73	3,192	1,48
9.	Sremska Rača	77,31	1,619	2,09
10.	Bara	85,77	0,825	0,96
11.	reka Sava	68,08	0,754	1,11
12.	Lovni rezervat	54,40	2,099	3,86
13.	Vitojevačko jezero	100,70	1,519	1,51
14.	Lanjača	63,86	1,045	1,64
15.	Nedozrela bara	128,56	2,756	2,14
16.	Savica	118,81	2,042	1,72
17.	Crepovac	114,35	0,808	0,71
18.	pored Save	105,26	0,596	0,57
19.	Kupinovo-šuma	96,15	1,403	1,46
20.	Kupinski kut	97,30	0,691	0,71
21.	Kupinski kut	94,38	0,660	0,70
22.	Poloj	82,81	0,499	0,60
23.	Vrbovača bara	156,54	1,078	0,69
24.	Progor	131,93	0,456	0,35
	Srednja vrednost Mean value	115,95	1,484	1,36



Grafikon 1. Maksimalne, minimalne i srednje vrednosti ispitivanih oblika nikla  
Graph 1. Maximum, minimum and mean values of examined forms of nickel

4,826 mg kg<sup>-1</sup>, (lokalitet Opojevci) dok je srednja vrednost svih ispitivanih uzoraka iznosila 1,484 mg kg<sup>-1</sup> (Tab. 2 i Graf. 1). Rezultati pokazuju da ne postoji opasnost od ulaska ovog elementa u lanac ishrane. Na osnovu vrlo niskih koncentracija lakopristupačnog nikla možemo da zaključimo je visok sadržaj ukupnog nikla geohemijskog, odnosno prirodnog porekla od matičnog supstrata. Nizak sadržaj lakopristupačnog Ni je takođe posledica faktora koji utiču na njegovo smanjenje u ispitivanim uzorcima, kao što su alkalna reakcija zemljišta, visok sadržaj humusa i fosfora.

Procentualni udeo pristupačnog nikla u ukupnom niklu je dobar pokazatelj zagađenja zemljišta, odnosno ukoliko je nizak, Ni je obično prirodnog porekla. Minimalna procentna zastupljenost lakopristupačnog od ukupnog nikla bila je 0,35% (Progor), maksimalna vrednost je iznosila 3,86% (Lovni rezervat), dok je utvrđena srednja vrednost 1,36%, što je indicija geohemijskog porekla Ni (Tab. 2 i Graf. 1).

## Zaključci

Na osnovu detaljnih terenskih i laboratorijskih istraživanja utvrđeno je da je prosečna vrednost ukupnog nikla ispitivanih uzoraka zemljišta iznad MDK i iznosi 115,95 mg kg<sup>-1</sup> zemljišta. Srednja vrednost lakopristupačnog nikla iznosi 1,484 mg kg<sup>-1</sup>. Procentualni udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom je dobar pokazatelj načina zagađenja zemljišta. Pošto je utvrđen nizak procentualni udeo ovog oblika nikla (u proseku 1,36%), sledi zaključak da je sadržaj Ni prirodnog porekla i da nema opasnosti od ulaska ovog elementa u lanac ishrane.

Bez obzira što je poreklo nikla u našim krajevima uglavnom geohemijsko i zbog toga se nalazi u oblicima iz kojih je njegova mobilnost u zemljištu, a time i pristupačnost za biljke mala, neophodna je stalna kontrola sadržaja ovog, ali i ostalih teških metala.

## Literatura

- Antić-Mladenović S (2004): Hemija nikla i hroma u zemljištima sa njihovim prirodno visokim sadržajima. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd
- Ayodele JT, Mohammed SS (2011): Speciation of Nickel in Soils and Cereal, Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol. 3: 202-209
- Bogdanović D, Ubavić M, Hadžić V (1997): Teški metali u zemljištu. U: R Kastori (ured.) Teški metali u životnoj sredini, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 95-143
- Bogdanović D, Ubavić M, Malešević M (2005): Metode za utvrđivanje potreba biljaka za azotom, U: R Kastori (ured.) Azot, Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad, 151-188
- Bogdanović D (2007): Izvori zagađenja zemljišta niklom, Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 21-28
- BCR European Commission Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements, Procedure BCR 484 Sewage sludge amended (terra rosa) soil
- Jakovljević M, Antić-Mladenović S (1997): Upporedno proučavanje metoda za ocenu rastvorljivosti teških metala u zemljištu, IX kongres JDPZ, Zbornik radova, 188-194
- Jakovljević M, Antić-Mladenović S (2000): Visoki sadržaj teških metala u zemljištima i njihova koncentracija u biljkama, Eko-Konferencija 2000, Tematski zbornik (ed. Ekološki pokret Grada Novog Sada) 71-76
- Kabata-Pendias A, Pendias H (2001): Trace Elements in Soils and Plants. Third Edition. CRC Press, USA
- Miljković N (1975): Zemljišta Fruške Gore, Matica srpska, Novi Sad
- Mrvić V, Zdravković M, Sikirić B, Čakmak D, Kostić-Kravljanac Lj (2009): Sadržaj štetnih i opasnih elemenata, U: V Mrvić, G Antonović, Lj Martinović (ured.) Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima centralne Srbije, Institut za zemljište, Beograd, 75-145
- Nešić Lj, Pucarević M, Sekulić P, Belić M, Vasin J, Ćirić V (2008): Osnovna hemijska svojstva u zemljištima Srema, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad 45: 255-263
- Nešić Lj, Belić M, Manojlović M, Pucarević M (2008): Fertility status and hazardous and harmful residues in the soils of Srem (Serbia), Eurosoil, Book of Abstracts, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) Vienna, Austria, August 2008, 286
- Nešić Lj, Belić M., Manojlović M, Vasin J (2008): Zemljištesosnova održive poljoprivrede, U: M Manojlović (ured.), Đubrenje u održivoj poljoprivredi, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 35-44
- Nešić Lj, Sekulić P, Belić M, Bogdanović D, Čuvardić M, Pucarević M, Milošević N, Jarak M, Vasin J, Kurjački I, Đurić S, Šermešić S (2007): Izveštaj o radu na projektnom zadatku: Stanje plodnosti i sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištu u cilju održivog razvoja poljoprivrede Vojvodine, Novi Sad
- Republika Srbija (1994): Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu, U: Službeni Glasnik Republike Srbije, Beograd, 23
- Sikirić B, Zdravković M, Čakmak D, Maksimović S, Pivić R (2010): The content of different forms of heavy metals in the valley of Kolubara river. Zemljište i biljka 59: 195-207
- Ubavić M, Dozet D, Bogdanović D (1993): Teški metali u zemljištu. U: R. Kastori (ured.), Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 31-46
- Ubavić M, Bogdanović D (1995): Agrohemija, Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad
- Živković B, Neugebauer V, Tanasijević Đ, Miljković N, Stojković L, Drezgic P (1972): Zemljišta Vojvodine, Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad

## Origin and Content of Nickel in Alluvial-Diluvial Soils of Srem, Serbia

Dušana Dozet<sup>1</sup> • Ljiljana Nešić<sup>2</sup> • Milivoj Belić<sup>2</sup> • Darinka Bogdanović<sup>2</sup> •  
Jordana Ninkov<sup>3</sup> • Tijana Zeremski<sup>3</sup> • Dušan Dozet<sup>3</sup> • Borislav Banjac<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Secondary School, Carice Milice 2, 21410 Futog, Srbija

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Serbia

<sup>3</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

**Summary:** This paper presents the results of 30 representative samples of alluvial-diluvial soils of Srem region of Serbia. The following basic chemical properties were examined: active soil acidity (pH in H<sub>2</sub>O), substitutional acidity (pH in 1M KCl), CaCO<sub>3</sub> content, humus content, total nitrogen content, and content of available forms of phosphorus and potassium. The paper shows the characteristics, origins, behaviour and content of total and available nickel in the soil. Average value of total nickel in the analyzed soil samples was above the MAC 115.95 mg kg<sup>-1</sup>, while the mean value of available nickel was 1.484 mg kg<sup>-1</sup>. The share of available nickel in total nickel is a good indicator of the origin of soil contamination. Having identified a low percentage of readily available nickel in total nickel (an average of 1.36%), we can conclude that the content of Ni in the soils of Srem is of natural origin and that there is no threat that this element would enter the food chain.

**Key words:** alluvial-diluvial soil, chemical properties, nickel