

Teški metali u zemljištu i sedimentu potencijalne lokalne ekološke mreže srednjeg Banata

Jordana Ninkov • Stanko Milić • Jovica Vasin • Vesna Kicošev •
Petar Sekulić • Tijana Zeremski • Livija Maksimović

received: 16 December 2011. accepted: 13 February 2012.

© 2012 IFVC

doi:10.5937/ratpov49-1280

Izvod: U cilju analize stanja i procene uticaja poljoprivrede na području potencijalne lokalne ekološke mreže, analizirano je obradivo zemljište, zemljište pašnjaka i sediment jezera, na sadržaj teških metala (Cu, Zn, As, Pb, Ni, Cd i Cr). Od ukupno 38 analiziranih uzoraka zemljišta i sedimenta, samo u dva uzorka izmeren je sadržaj metala veći od MDK za poljoprivredno zemljište. Povišen sadržaj metala zabeležen je u slučaju jednog uzorka za bakar ($189,1 \text{ mg kg}^{-1}$) sa obradivog zemljišta iz vinograda i nikla za jedan uzorak pašnjaka ($60,9 \text{ mg kg}^{-1}$). Na osnovu detaljnijih istraživanja utvrđeno je da je povišen sadržaj Ni geohemijskog, dok je bakar antropogenog porekla. Od ukupno 10 analiziranih uzoraka sedimenta, prema holandskom kriterijumu za graničnu vrednost, povišen sadržaj Cu i Zn ima po jedan uzorak sedimenta i četiri uzorka imaju višu koncentraciju za Ni. Istovremeno, sadržaj metala u ispitivanom sedimentu je daleko manji od predviđenih remedijacionih vrednosti.

Gljučne reči: ekološka mreža, sadržaj, sediment, teški metali, zemljište

Uvod

Prema načinu korišćenja zemljišta, oranice i bašte zauzimaju 90% obradivog zemljišta AP Vojvodine (Statistički godišnjak Srbije 2010), što je čini tipičnim regionom biljne proizvodnje. Uticajem ratarske proizvodnje na životnu sredinu, osim drastičnog gubitka biološke raznovrsnosti, mogu se uočiti i drugi znaci ireverzibilnog oštećenja prirodnih resursa (zemljišta, površinske, podzemne vode, itd). U međunarodnoj praksi, značaj biodiverziteta u očuvanju resursa za poljoprivrednu proizvodnju i obavljanju brojnih ekosistemskih uloga za potrebe očuvanja agrarnih površina, prepoznat je još tokom prošlog veka (Altieri 1999).

Panonski tipovi slatinskih staništa, koja su predstavljala jedan od dominantnih tipova prirodne, iskonske vegetacije Vojvodine, valorizovani su kao prioritetna staništa za zaštitu u susjednim zemljama EU (Direktiva o staništima

- Directive 92/43/EEC Annex I), što ukazuje na njihovu ugroženost u međunarodnim razmerama. U procesu pristupanja Evropskoj uniji, područja od međunarodnog značaja predlažu se za EU ekološku mrežu NATURA 2000 (Kicošev i sar. 2010). Nacionalna ekološka mreža, čije je uspostavljanje propisano Zakonom o zaštiti prirode (Sl. gl. RS br. 36/2009 i 88/2010), obuhvata međusobno povezana ili prostorno bliska ekološka područja od nacionalnog i međunarodnog značaja. U toku je valorizacija slatinskih staništa ekološke mreže (među kojima su i slatine srednjeg Banata), radi uspostavljanja zaštićenih područja. Zaštićena područja nisu izdvojeni delovi prostora koji su isključeni iz razvojnih procesa, tako da stanje biodiverziteta u njima u velikoj meri zavisi od načina i intenziteta upotrebe prirodnih resursa u okruženju. Na osnovu podataka iz Studije (Sabadoš & Panjković 2009), među 15 registrovanih najučestalijih ugrožavajućih faktora biološke raznovrsnosti na području Vojvodine, poljoprivredno okruženje je pri samom vrhu liste. Prema navedenim

J. Ninkov* • S. Milić • J. Vasin • P. Sekulić • T. Zeremski • L. Maksimović
Institute of Field and Vegetable Crops, Maksima Gorkog 30, 21000
Novi Sad, Serbia
e-mail: jordana.ninkov@ifvcns.ns.ac.rs

V. Kicošev
Institute for Nature Conservation of Vojvodina Province, Radnička
20a, 21000 Novi Sad, Serbia

Zahvalnica: Ovaj rad je deo istraživanja na projektu „Ispitivanje kvaliteta zemljišta u blizini potencijalne lokalne ekološke mreže na prostoru srednjeg Banata“ finansiranom od strane Fonda za zaštitu životne sredine Republike Srbije (koordinitor projekta je Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj AP Vojvodine).

istraživanjima, površine pod slatinama su u velikom procentu (73%) okružene oranicama. Analizom stanja kvaliteta zemljišta u zoni uticaja na elemente ekološke mreže, moguće je izvršiti procenu održivosti korišćenja poljoprivrednog zemljišta. Kvalitet sedimenta vodotokova, takođe, može biti pokazatelj uticaja poljoprivrede, budući da zagađujuće materije mogu dospeti u otvorene vodotokove putem vodne i eolske erozije.

Teški metali predstavljaju poseban rizik po agroekosistem budući da su veoma postojani (Moolenaar & Beltrami 1998). Glavni izvor teških metala u poljoprivrednom zemljištu je primena agrohemijskih, u prvom redu mineralnih i organskih đubriva (Adriano 2001, Kabata-Pendias & Pendias 2001). Osim poznavanja ukupnog sadržaja metala u zemljištu, za procenu uticaja na slatinska staništa potrebno je odrediti i njihov pristupačni sadržaj kao pokazatelj mobilnosti, biodostupnosti i reaktivnosti metala.

U skladu sa ciljevima zaštite slatinskih staništa kao osetljivih ekosistema, negativne uticaje iz okolnog prostora treba svesti na minimum. U tom smislu, za mnoge od njih regulisane su zaštitne zone koje imaju funkciju smanjenja uticaja negativnih faktora iz okruženja. Tampon pojas (eng. *buffer*) je deo prostora oko značajnih staništa, čije plansko uređenje može znatno smanjiti većinu negativnih uticaja iz okruženja (Bentrop 2008).

Cilj ovog rada je da se analizira prisutna koncentracija teških metala na području potencijalne ekološke mreže slatinastih zemljišta i doprinese proceni uticaja poljoprivrede na zaštićena staništa. Rezultati rada mogu poslužiti kao smernica za planiranje aktivnosti u okruženju zaštićenih staništa, pre svega za potrebe primene odgovarajućih metoda održivog korišćenja resursa u funkciji poljoprivredne proizvodnje, kao i u cilju formiranja odgovarajućih tampon-pojasa.

Materijal i metod rada

Istraživanja su sprovedena na području na kome je registrovano postojanje potencijalne lokalne ekološke mreže slatinskih staništa (Sl. 1), sa centralnim područjima (eng. *core areas*) SRP „Slano Kopovo“ Banja Rusanda (u toku je valorizacija za zaštitu) – SRP „Okanj bara“ (područje u postupku zaštite). Rekognosciranje terena i prikupljanje uzoraka izvršeno je u toku jula i novembra 2010. godine. Uzorkovano je poljoprivredno zemljište i sediment (mulj iz jezera i kanala). Poljoprivredno zemljište je posmatrano sa dva aspekta sa stanovišta njegove namene: pašnjaci – slatine i obradivo

poljoprivredno zemljište (njive, bašte i vinogradi). Lokaliteti za uzorkovanje određeni su na osnovu blizine, intenziteta i učestalosti dominantnih ugrožavajućih faktora. Zemljište je uzorkovano u narušenom stanju, agrohemijskom sondom iz površinskog sloja do dubine od 20 cm (25–30 pojedinačnih uzoraka zemljišta predstavlja jedan prosečan uzorak). Uzimanje uzoraka sedimenta vršeno je pomoću eijekelkamp sonde sa nastavkom za uzorkovanje mulja. Ukupno je uzeto 38 uzoraka, od toga 14 uzoraka obradivog zemljišta, 14 uzoraka zemljišta pašnjaka i 10 uzoraka sedimenta. Po pojedinim lokalitetima ekološke mreže, sa područja Banje Rusande (oznaka „BR“) uzeto je ukupno 19 uzoraka, sa područja Slanog kopova („SK“) i „Ekološkog koridora“ („EK“) po 6 uzoraka, a sa područja Okanj bare („OB“) prikupljeno je 7 uzoraka.

Laboratorijske analize su urađene u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo (akreditovana od strane ATS prema SRPS ISO/IEC 17025:2006). Prikupljeni uzorci su vazdušno sušeni i samleveni mlinom za zemljište do veličine čestica <2 mm (ISO 11464:1994). Ukupan sadržaj teških metala M_e ,



Slika 1. Područje uzorkovanja – potencijalna lokalna ekološka mreža srednjeg Banata

Fig. 1. Area sampled – the envisaged local ecological network of central Banat

je određen mikrotalasnom digestijom zemljišta sa cHNO_3 i H_2O_2 . Pristupačni sadržaj metala Me_{EDTA} je određen ekstrakcijom zemljišta u 0,05 mol/l EDTA pH=7,0 prema Proceduri BCR European Commission Joint Research Centre, IRMM za CRM 484. Sadržaj metala određen je pomoću indukovanu kuplovane plazme ICP-OES na Vista Pro-Axial, Varian. Udeo pristupačnog oblika u ukupnom $\text{Me}_{\text{EDTA/T}}$ kao pokazatelj pristupačnosti, određen je računski.

Statistička obrada podataka izvršena je analizom varijanse dvofaktorijskog ogleada uz primenu Fisherovog testa najmanje značajne razlike. Deskriptivnom statistikom utvrđene su aritmetička sredina, standardna greška i standardna devijacija. Za statističku obradu korišćen je program – Statistica for Windows version 8.0 (StatSoft 2007).

Rezultati i diskusija

Posmatrane površine zemljišta u ovom istraživanju su poljoprivredne namene, koje su podeljene u dve grupe (obradivo zemljište i pašnjaci), te je za dobijene rezultate važeći kriterijum maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) za poljoprivredno zemljište (Sl. gl. RS 23/94). Istovremeno, površine pod pašnjacima predstavljaju zaštićena staništa za koja je u toku postupak uspostavljanja zaštićenog područja, te je sadržaj teških metala poreden i sa graničnom vrednosti (GV) i remedijacionom vrednosti (RV) prema važećoj Uredbi za nepoljoprivredno zemljište (Sl. gl. RS 88/10). Budući da u domaćem zakonodavstvu ne postoje kriterijumi za kvalitet sedimenta, koncentracije teških metala u sedimentu su poredene prema holandskim (GV i RV, vrednosti indentične sa Uredbom za zemljište R. Srbije) (DSQS 2000) i kanadskim kriterijumima (GVS, RVS) (CSQ 2001).

Bakar

U okviru istraživanja, od 38 analiziranih uzoraka, dva uzorka imaju povišen sadržaj bakra po nekom od posmatranih kriterijuma. Povišen sadržaj Cu je zabeležen u jednom uzorku zemljišta iz vinograda i uzorku sedimenta koji su u zoni uticaja vinograda, na lokalitetu Banja Rusanda. Ukupni sadržaj bakra u zemljištu iz vinograda BR5 iznosi $189,1 \text{ mg kg}^{-1}$ što je vrednost preko MDK (100 mg kg^{-1}), i nalazi se u zoni RV (190 mg kg^{-1}) gde je potrebno uraditi dalju sanaciju i remedijaciju zemljišta. Budući da je ispitivan vinograd relativno male površine, potrebno je izvršiti procenu količine zemljišta koja je zagađena bakrom. Sadržaj pristupačnog Cu_{EDTA} u ovom

uzorku od $166,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tab. 2) je takođe visok, budući da se sve koncentracije Cu_{EDTA} preko 50 mg kg^{-1} smatraju potencijalno fitotoksičnim. Udeo pristupačnog oblika bakra u ukupnom, u ovom uzorku, iznosi 88%, što je još jedan dokaz njegovog antropogenog porekla. Sadržaj bakra u drugom posmatranom uzorku vinograda BR13 od $60,1 \text{ mg kg}^{-1}$, nalazi se na samoj granici kritične koncentracije prema literaturnim podacima (Scharmell et al. 2000). Pristupačni sadržaj Cu_{EDTA} u ovom uzorku iznosi $34,2 \text{ mg kg}^{-1}$, a udeo $\text{Cu}_{\text{EDTA/T}}$ iznosi 57%. Visoke koncentracije Cu u zemljištu vinograda, su poreklom od dugotrajne i intenzivne primene fungicida na bazi bakra (Ninkov i sar. 2008, Ninkov et al. 2011).

U poređenju sa ostalim načinima korišćenja zemljišta, zemljišta pod vinogradima su podložna eroziji u najvećem stepenu. Za razliku od slatinskih staništa, teren pod vinogradima nalazi se pod određenim nagibom prema jezeru, što dodatno povećava rizik od posledica vodne i eolske erozije. Očekivano je da bakar, putem vodne i eolske erozije dospe na područje nižeg terena i u vodni recipijent, budući da se bakar čvrsto vezuje za komponente zemljišta u površinskom sloju. Zbog nedostatka tampon pojasa, sa vinogradarskih površina deo zemljišnog supstrata sa sadržajem bakra dospeva u jezero. Sediment iz jezera pod zonom uticaja vinograda BR5 takođe je opterećen visokim sadržajem bakra od $89,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Pristupačni sadržaj Cu_{EDTA} u ovom uzorku iznosi $70,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tab. 2) a $\text{Cu}_{\text{EDTA/T}}$ iznosi 79%. Sediment u zoni uticaja vinograda BR12 sadrži $26,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ukupnog bakra, što je ispod GV vrednosti, međutim Cu_{EDTA} u ovom uzorku sedimenta je $17,9 \text{ mg kg}^{-1}$, a udeo $\text{Cu}_{\text{EDTA/T}}$ je visok i iznosi 68%, što ide u prilog činjenici njegovog antropogenog porekla. Rezultati istraživanja ukazuju da je bakar u sedimentu jezera Rusanda antropogenog porekla. Sadržaj bakra u sedimentu ne prelazi koncentraciju gde je potrebna dalja remedijacija i sanacija (RV i RVS). Međutim, treba imati u vidu i činjenicu da razmatrane lokacije ne pripadaju intenzivno korišćenim površinama. U istraživanjima Fernandez-Calvino et al. (2008) sedimenta reke Mino, koja protiče kroz vinogradarski rejon u Španiji, utvrđeno je da je usled erozije zemljišta pod vinogradom opterećenog bakrom došlo do zagađenja sedimenta reke, ali ne i rečne vode. Prosečan sadržaj bakra u navedenom istraživanju u zemljištu bio je 246 mg kg^{-1} ($157\text{-}434 \text{ mg kg}^{-1}$), a u sedimentu 18 do 209 mg/kg , u zavisnosti od mesta uzorkovanja.

Supstance koje se čvršće vezuju za komponente zemljišta (kao bakar) mogu biti efikasno

odstranjene od strane vegetacije tampon pojasa (Radkins et al. 1998). Kada se pravilno održava, vegetacija tampon zone može da ukloni do 97% sedimenta koji se prenosi u pravcu jezera (Lee et al. 2003, Lowrance et al. 2002). Primena tampon zona za otklanjanje posledica erozije smanjuje troškove uklanjanja sedimenta i potrebu za remedijacijom (Schultz et al. 1997).

Ukupni sadržaj bakra u uzorcima sa područja pašnjaka se kreće u intervalu od 5,7 mg kg⁻¹ do 21,8 mg kg⁻¹ (Tab. 1), a pristupačni u intervalu od 2,6 mg kg⁻¹ do 15,7 mg kg⁻¹ (Tab. 2). Prosečni udeo Cu_{EDTA/T} iznosi 35,6% za zemljišta pod pašnjakom.

Iako je prosečna vrednost sadržaja Cu u obradivom zemljištu viša od sadržaja Cu u zemljištu pašnjaka i u sedimentu, ne postoji statistički značajna razlika između ovih kategorija za ukupni i pristupačni sadržaj (Tab. 1 i 2), budući da je zagađenje lokalnog karaktera i zabeleženo samo u dva ispitivana uzorka.

Cink

Ukupni sadržaj cinka je ispod MDK i GV na ispitivanom zemljištu. Postoji statistički značajna razlika između ukupnog i pristupačnog sadržaja cinka pašnjaka i sedimenta (Tab. 1 i 2). Ova razlika je verovatno posledica specifičnosti sredine, budući da se cink snažno adsorbuje na čestice gline, kojima je zemljište pašnjaka

bogatije. Sadržaj pristupačnog cinka je relativno visok (>5 mg kg⁻¹) u 4 uzorka zemljišta od 27 analiziranih. Sva 4 uzorka su sa lokaliteta Banja Rusanda i predstavljaju obradivo zemljište. Istovremeno, ovi uzorci imaju i najviše vrednosti udela Zn_{EDTA/T}. Sadržaj cinka u uzorku sedimenta BR19 od 228,3 mg kg⁻¹ prelazi GV za sediment, ali se nalazi ispod RV i RVS (720 i 315 mg kg⁻¹). Budući da je ovo jedini uzorak, od 10 analiziranih, koji prelazi granične vrednosti, njegov povišen sadržaj je najverovatnije lokalnog karaktera. Uzorak BR19 se nalazi u neposrednoj blizini bušotine za eksploataciju nafte, te lokalno zagađenje može biti posledica aktivnosti u njenom okruženju.

Arsen

Maksimalna vrednost ukupnog sadržaja arsena u ovom istraživanju iznosi 18,8 mg kg⁻¹ na području pašnjaka u Banji Rusandi što je vrednost ispod MDK i GV. Prema ukupnom sadržaju, zemljište pod pašnjakom sadrži više arsena u odnosu na obradivo zemljište (Tab. 1). Sadržaj pristupačnog arsena je nizak i ne prelazi 1 mg kg⁻¹ (Tab. 2). Od ukupno 38 analiziranih uzoraka, sadržaj arsena nije detektovan u 11 uzoraka. Udeo pristupačnog oblika u ukupnom je takođe nizak, osim u jednom uzorku sedimenta BR12, gde je zabeležena maksimalna vrednost ovog udela od 22%.

Tabela 1. Minimalna, maksimalna i srednja vrednost, standardna greška i standardna devijacija ukupnog sadržaja teških metala

Table 1. Minimum, maximum and mean value, standard error and standard deviation of total heavy metal content

	Cu _T (mg kg ⁻¹)	Zn _T (mg kg ⁻¹)	As _T (mg kg ⁻¹)	Pb _T (mg kg ⁻¹)	Ni _T (mg kg ⁻¹)	Cr _T (mg kg ⁻¹)
Obradivo						
Arable						
[min-max]	[14,4-189,1]	[47,3-112,3]	[3,1-8,3]	[12,5-28,4]	[18,1-41,3]	[11,7-48,1]
$\bar{x} \pm se$	37,9±13,04 ^a	68,2±5,56 ^{ab}	6,1±0,37 ^b	20,9±1,24 ^a	33,1±1,98 ^a	29,5±2,68 ^a
(sd)	(47,02)	(20,05)	(1,33)	(4,48)	(7,14)	(9,68)
Pašnjak						
Pasture						
[min-max]	[5,7-28,4]	[26,5-82,1]	[2,3-18,8]	[11,5-33,0]	[15,7-60,9]	[19,8-68,8]
$\bar{x} \pm se$	21,8±1,84 ^a	60,6±4,07 ^b	8,9±1,00 ^a	26,2±1,65 ^a	37,3±3,31 ^a	36,8±3,82 ^a
(sd)	(6,91)	(15,23)	(3,75)	(6,19)	(12,40)	(14,31)
Sediment						
Sediment						
[min-max]	[16,7-89,2]	[55,3-228,3]	[3,3-15,7]	[16,1-58,1]	[15,7-55,7]	[10,8-61,2]
$\bar{x} \pm se$	29,4±6,14 ^a	87,4±14,67 ^a	8,1±1,03 ^{ab}	26,0±3,53 ^a	34,0±4,16 ^a	38,2±4,17 ^a
(sd)	(20,38)	(48,66)	(3,43)	(11,72)	(13,82)	(13,82)
MDK	100,0	300,0	25,0	100,0	50,0	100,0
GV	36,0	140,0	29,0	85,0	35,0	100,0
RV	190,0	720,0	55,0	530,0	210,0	380,0
GVS	35,7	123,0	5,9	35,0	/	37,3
RVS	197,0	315,0	17,0	91,3	/	90,0

Tretmani označeni istim slovima nemaju signifikantne razlike (Fišerov test na nivou značajnosti 0,05)
Treatments followed by the same letters are not significantly different (Fisher's test at the level 0.05)

Olovo

U okviru ovog istraživanja, nijedan ispitivan uzorak ne prelazi MDK, niti GV prema sadržaju olova. Jedan uzorak sedimenta jezera Rusanda BR19 prelazi GVS po kanadskom kriterijumu (Tab. 1). Povišena vredost Pb u BR19 može poticati od aktivnosti vezanih za eksploataciju nafte, kao što je to slučaj i sa povišenom koncentracijom Zn u ovom uzorku. Istovremeno, ova maksimalna vrednost od 58,1 mg kg⁻¹, niža je od predviđene vrednosti za remedijaciju GVS (91,3 mg kg⁻¹) po kanadskom kriterijumu i mnogo niža od predviđene RV (530,0 mg kg⁻¹) po holandskom kriterijumu. Ne postoji statistički značajna razlika u sadržaju olova Pb_r i Pb_{EDTA} između posmatranih kategorija zemljišta i sedimenta.

Kadmijum

Sadržaj kadmijuma je veoma nizak u uzorcima obuhvaćenim ovim istraživanjem. Od 38 uzoraka, kadmijum je detektovan u samo 4 uzorka na lokalitetu Banja Rusanda (područje pašnjaka, obradivog zemljišta i dva uzorka sedimenta). Maksimalna vrednost od 0,24 mg kg⁻¹ je još uvek značajno niža od svih graničnih vrednosti (GV=0,8; GVS=0,6 mg kg⁻¹). Zemljišta bogata glinom i slobodnim CaCO₃ imaju manji sadržaj pristupačnog Cd (Kabata-Pendias & Pendias 2001). U ovom istraživanju sadržaj pristupačnog Cd nije detektovan ni u jednom analiziranom uzorku (<MDL od 0,15 mg kg⁻¹).

Tabela 2. Minimalna, maksimalna i srednja vrednost, standardna greška i standardna devijacija pristupačnog sadržaja teških metala

Table 2. Minimum, maximum and mean value, standard error and standard deviation of available heavy metal content

	Cu _{EDTA} (mg kg ⁻¹)	Zn _{EDTA} (mg kg ⁻¹)	As _{EDTA} (mg kg ⁻¹)	Pb _{EDTA} (mg kg ⁻¹)	Ni _{EDTA} (mg kg ⁻¹)
Obradivo					
Arable					
[min-max]	[1,5-166,0]	[0,7-29,6]	[0-0,49]	[2,8-13,5]	[1,0-10,4]
$\bar{x} \pm se$	19,9±12,41 ^a	7,4±2,77 ^{ab}	0,21±0,04 ^a	6,8±0,77 ^a	5,4±0,96 ^{ab}
(sd)	(44,73)	(10,00)	(0,14)	(2,80)	(3,48)
Pašnjak					
Pasture					
[min-max]	[2,6-15,7]	[1,3-4,3]	[0-0,35]	[5,2-12,0]	[1,2-12,6]
$\bar{x} \pm se$	7,48±0,96 ^a	2,5±0,27 ^b	0,19±0,03 ^a	8,1±0,61 ^a	7,1±0,99 ^a
(sd)	(3,61)	(1,02)	(0,11)	(2,29)	(3,70)
Sediment					
Sediment					
[min-max]	[1,8-70,1]	[1,1-38,0]	[0-0,95]	[3,7-30,0]	[0,8-6,3]
$\bar{x} \pm se$	16,37±5,53 ^a	10,0±3,94 ^a	0,22±0,09 ^a	10,6±2,06 ^a	3,8±0,60 ^b
(sd)	(18,36)	(13,08)	(0,29)	(6,82)	(1,99)

Tretmani označeni istim slovima nemaju signifikantne razlike (Fišerov test na nivou značajnosti 0,05)

Treatments followed by the same letters are not significantly different (Fisher's test at the level 0.05)

Nikl

Prema kriterijumu za poljoprivredno zemljište, jedan uzorak zemljišta sa područja pašnjaka prelazi MDK za Ni (BR8), dok je u ispitivanom obradivom zemljištu sadržaj Ni ispod ovog limita. Koncentracija Ni u uzorku BR8 iznosi 60,9 mg kg⁻¹ (Tab. 1), što je vrednost relativno bliska MDK od 50 mg kg⁻¹. Na osnovu graničnih vrednosti GV za nepoljoprivredno zemljište (35 mg kg⁻¹), još 5 uzoraka sa područja pašnjaka prelazi ovu vrednost za sadržaj nikla. Istovremeno, povišen sadržaj Ni u ovim uzorcima je daleko manji od remedijacione vrednosti RS koja iznosi 210 mg kg⁻¹. Ne postoji statistički značajna razlika između ukupnog sadržaja Ni za posmatrane površine zemljišta i sedimenta, dok se prema pristupačnom sadržaju Ni razlikuje obradivo zemljište i sediment (Tab. 1 i 2). Prema prethodnim istraživanjima (Brankov i sar. 2006), ukupni sadržaj nikla u zemljištu Banata pod različitim kategorijama zaštite kretao se u intervalu od 16,8 mg kg⁻¹ do 41,9 mg kg⁻¹. Prema istraživanjima Dozet i sar. (2011), povišen sadržaj Ni u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima Srema takođe je geohemijskog porekla. Sadržaj pristupačnog nikla u ovom istraživanju je nizak. Ni_{EDTA/T} je ispod 20% za zemljište (obradivo 16%, pašnjak 19%), što je još jedna činjenica u prilog njegovom geohemijskom poreklu. Prosečni udeo Ni_{EDTA/T} u analiziranom sedimentu je 11%. Od 10 posmatranih uzoraka sedimenta, četiri uzorka imaju višu koncentraciju od GV za Ni po holandskom kriterijumu. Svi uzorci su sa lokaliteta jezera Banja Rusanda. Maksimalna vrednost

sadržaja nikla u sedimentu iznosi 55,7 mg kg⁻¹, što je vrednost daleko manja od remedijacione vrednosti po holandskom kriterijumu koja iznosi 210 mg kg⁻¹.

Hrom

Posmatrano zemljište ne prelazi MDK i GV prema sadržaju hroma (Tab. 1). Sadržaj pristupačnog hroma nije detektovan u celom istraživanju. Prema kanadskom kriterijumu za sediment, od 10 posmatranih uzoraka, 6 uzoraka prelazi GVS. Maksimalna vrednost sadržaja Cr u sedimentu od 61,2 mg kg⁻¹ je ispod remedijacione vrednosti RVS od 90,0 mg kg⁻¹. Može se smatrati da kanadski kriterijum navodi suviše niske vrednosti za GVS i RVS u poređenju sa holandskim normama GV i RS (Tab. 1).

Prema prosečnim vrednostima sadržaja metala nije utvrđena razlika između pojedinih lokaliteta istraživanja. Prema broju pojedinačnih uzoraka koji prelaze neki od posmatranih kriterijuma graničnih vrednosti, izdvaja se lokalitet Banja Rusanda. Građevinska zona naselja Melenci, koje se nalazi uz samu obalu jezera Rusanda (Sl. 1), locirana je na zemljištu sa visokim nivoom podzemnih voda (prosečno 0,5-2 m) i nema izgrađenu kanalizacionu mrežu. Povišen sadržaj metala verovatno potiče od intenzivnijih aktivnosti na ovom prostoru, u odnosu na okruženje. Na ovom lokalitetu je indikativno kontinuirano praćenje kvaliteta životne sredine.

Iako rezultati analize ukazuju da generalno nije utvrđena veća ugroženost prirodnih vrednosti prostora od prisustva teških metala u zemljištu i sedimentu, treba imati u vidu da je trenutno stanje poljoprivredne prakse pre svega posledica ekonomske situacije u širem okruženju. Dugoročna zaštita ovih prostora podrazumeva primenu principa dobre poljoprivredne prakse i formiranje tampon-pojasa. Formiranje ovog pojasa (njegova širina i biološke karakteristike) zavisi od stanja ugroženosti vrsta, predeonih karakteristika zaštićene oblasti i okruženja, osetljivosti područja, intenziteta i učestanosti ugrožavajućih faktora i sl. Pri tome je važno imati u vidu da ni najbolje održavan tampon-pojas neće otkloniti sve uticaje pogrešne prakse upravljanja u okruženju. Nakon poremećene funkcionalnosti, ponovno uspostavljanje funkcionalne tampon zone može zahtevati dug vremenski period i značajno materijalno ulaganje. Dužina perioda oporavka najviše će zavistiti od stanja zemljišnog supstrata, posebno kod priobalnih tampon zona, jer je pedološki sloj rezultat dugoročnih geoloških, hidroloških, kao i bioloških procesa.

Zaključak

U okviru istraživanja u ovom projektu, od ukupno 38 analiziranih uzoraka zemljišta i sedimenta, samo u dva uzorka izmeren je sadržaj metala veći od MDK za poljoprivredno zemljište. Povišen sadržaj Ni je geohemijskog, dok je povišen sadržaj Cu antropogenog porekla usled primene fungicida na bazi bakra u ispitivanim vinogradima. U uzorcima sedimenta jezera pojedini metali imaju veći sadržaj od propisanih graničnih vrednosti (GV), ali je njihov sadržaj istovremeno niži od propisanih remedijacionih vrednosti (RV).

Nije dokazan uticaj poljoprivrede na posmatrane površine lokalne ekološke mreže u smislu povećanog sadržaja Zn, As, Pb, Cd, Ni i Cr.

Dokazan je antropogeni uticaj povišenog sadržaja Cu na šire područje, usled primene fungicida na bazi bakra u vinogradima.

Na osnovu istraživanja, pažnju treba usmeriti ka racionalizaciji fungicida na bazi bakra i primeni sintetičkih pesticida, kao i prenameni zemljišta vinograda na lokalitetu Banja Rusanda gde je zabeležen visok sadržaj bakra do remedijacione vrednosti.

Imajući u vidu da se slatinska staništa nalaze u ruralnom okruženju, od ključne važnosti je usaglašavanje politike ruralnog razvoja i ciljeva očuvanja zaštićenog područja. U tom smislu, od velikog značaja je održivo korišćenje zemljišta kao resursa, posebno na prostoru zaštitne zone. Formiranje tampon-pojasa na prostoru zaštitne zone najveći značaj ima kod eliminisanja štetnih uticaja rasutih zagađivača (kao što su poljoprivredne površine). Kako su zaštitne zone pretežno višefunkcionalne, njihovo uspostavljanje zahteva multidisciplinarni pristup.

Literatura

- Adriano D (2001): Trace Elements in Terrestrial Environments, Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals (2nd ed.) Springer, New York
- Altieri AM (1999): The ecological role of biodiversity in agroecosystems, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31
- Bentrop G (2008): Conservation buffers: design guidelines for buffers, corridors, and greenways. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station
- Brankov M, Ubavić M, Sekulić P, Vasin J (2006): Sadržaj mikroelemenata i teških metala u poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljištima Banata. Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo 42: 169-177
- Canadian Sediment Quality (2001): Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Ministers of Environment

- Dozet D, Nešić Lj, Belić M, Bogdanović D, Ninkov J, Zeremski T, Dozet D, Banjac B (2011): Poreklo i sadržaj nikla u aluvijalno-deluvijalnim zemljištima Srema. *Ratar. Povrt.* 48: 369-374
- Dutch Sediment Quality Standards (2000): Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. Directorate – General for Environmental Protection. The Netherlands
- Fernandez-Calvino D, Rodriguez-Suarez JA, Lopez-Periago E, Arias-Estevez M, Simal-Gandara J (2008): Copper content of soils and river sediments in a winegrowing area, and its distribution among soil or sediment components. *Geoderma* 145: 91-97
- Kabata-Pendias A, Pendias H (2001): Trace elements in soils and plants (3rd ed.) CRC Press, USA
- Kicošev V, Sabadoš K, Kiš A (2010): Sprovođenje međunarodnih obaveza uspostavljanja Panevropske ekološke mreže u funkciji zaštite kvaliteta vazduha, XXXV Simpozijum sa međunarodnim učešćem – Zaštita vazduha 2010 - Kvalitet vazduha i zakonska regulativa u oblasti zaštite životne sredine, Beograd, Plenarno predavanje, 21-24
- Lee KH, Isenhardt TM, Schultz RC (2003): Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *J. Soil Water Conserv.* 58: 1-8
- Lowrance R, Dabney S, Schultz R (2002): Improving water and soil quality with conservation buffers. *J. Soil Water Conserv.* 57: 37A-43A
- Moolenaar SW, Beltrami P (1998): Heavy metals balances of an Italian soil as affected by sewage sludge and bordeaux mixture applications. *J Environ Qual.* 27: 828-835
- Ninkov J, Sekulić P, Paprić Đ, Zeremski-Škorić T, Pucarević M (2008): Zagadenje zemljišta vinograda bakrom kao posledica primene fungicida na bazi bakra. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 45: 233-239
- Ninkov J, Paprić Đ, Sekulić P, Zeremski-Škorić T, Milić S, Vasin J, Kurjački I (2011): Copper content of vineyard soils at Sremski Karlovci (Vojvodina Province, Serbia) as affected by the use of copper-based fungicides. *Intern. J. Environ. Analytical Chem.* (In press) doi: 10.1080/03067310903428743
- Sabadoš K, Panjković B (2009): Uspostavljanje ekološke mreže u AP Vojvodini – pregled stanja, analiza i mogućnosti. Izveštaj. Zavod za zaštitu prirode Srbije Radna jedinica Novi Sad, Novi Sad
- Službeni glasnik Republike Srbije (1994): Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama za njihovo ispitivanje, 23
- Službeni glasnik Republike Srbije (2010): Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa, 88
- Radkins JrA, Shaw DR, Boyette M, Seifert SM (1998): Minimizing herbicide and sediment losses in runoff with vegetative filter strip. *Abstr. Weed Sci. Soc. Am.* 38: 59
- Scharmel O, Michalke B, Kettrup A (2000): Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. *Sci. Total Environ.* 236: 11-22
- Schultz RC, Kuehl A, Colletti JP, Wray P, Isenhardt T, Miller L (1997): Riparian Buffer Systems. Iowa State University Publication Pm- 1626a, Ames, IA
- Statistički godišnjak Srbije (2010): Republički zavod za statistiku R. Srbije, Beograd

Heavy Metals in Soil and Sediments of the Planned Ecological Network of Central Banat, Serbia

Jordana Ninkov • Stanko Milić • Jovica Vasin • Vesna Kicošev •
Petar Sekulić • Tijana Zeremski • Livija Maksimović

Summary: In order to establish the current status and assess the impact of agriculture in the area planned to be included into the envisaged environmental network, we analyzed the arable soil, pasture soil and sediments for the content of heavy metals. Out of a total 38 analyzed soil and sediment samples, only 2 were found to contain heavy metals in concentrations higher than the MAC for agriculture soil. An increased concentration of copper (189.1 mg/kg) was recorded in a sample of vineyard soil and increased nickel concentrations were recorded in one sample of pasture soil (60.9 mg/kg). Further research showed that the high Ni concentrations were of the geochemical origin, while the high Cu was of anthropogenic origin. Out of a total 10 sediment samples analyzed according to Dutch criteria for threshold values, increased concentrations of Cu and Zn were found in one sample, and high concentrations of Ni were found in 4 samples. At the same time, the heavy metal contents in the analyzed sediments were much below the anticipated remediation values.

Key words: concentrations, ecological network, heavy metals, sediments, soils