

ONEČIŠĆENOST TALA GEOGRAFSKO-BOTANIČKOG REZERVATA
ĐURĐEVAČKI PIJESCI TEŠKIM KOVINAMA

**CONTAMINATION OF SOILS OF ĐURĐEVAC
SANDS BY HEAVY METALS**

A. Špoljar, L. Čoga, V. Kušec, D. Kamenjak, I. Pavlović, Ivka Kvaternjak

SAŽETAK

Na tlima Geografsko-botaničkog rezervata Đurđevački pijesci u tijeku 2006. i 2007. godine provedena su pedološka istraživanja u sklopu kojih je utvrđen ukupni sadržaj teških kovina (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni i Cr). Također su izrađeni korelacijski i regresijski odnosi između ukupnog sadržaja istraživanih teških kovina i sadržaja humusa, kao i reakcije tla. Rezervat zauzima površinu od 19,5 ha. Krajem 19. i početkom 20. stoljeća eolski „živi“ pijesci Podravine od Đurđevca do Virovitice su pošumljeni, a time je narušena biološka i krajobrazna raznolikost ovog područja. U cilju obnove Geografsko-botaničkog rezervata na cca 6 ha odstranjena je nepoželjna vegetacija ili je strojno uklonjen humusno-akumulativni horizont, čime su pijesci djelomično obnovljeni. U široj okolici Rezervata nalaze se plinske i naftne bušotine, čije isplačne jame i njihove isplake sadrže različite toksične tvari rizične za okoliš. Istraživano je onečišćenje tala Rezervata navedenim teškim kovinama i uspoređeno je onečišćenje devastirane i uređene površine. Na temelju stupnja onečišćenja u pojedinačnim uzorcima tla, na čitavom području Rezervata utvrđeno je povećano onečišćenje bakrom, kadmijem i niklom, te veliko kromom. U Rezervatu je iz pojedinačnih uzoraka u površinskom horizontu utvrđeno najveće onečišćenje kromom, a najmanje olovom. Do 30 cm dubine tla na uređenoj površini ustanovljen je prosječno veći ukupni sadržaj bakra i olova te prosječno manji ukupni sadržaj cinka, kadmija, nikla i kroma. Najjači pozitivni korelacijski odnos utvrđen je između reakcije tla mjerene u vodi i ukupnog sadržaja bakra, a negativan je u odnosu na ukupni sadržaj nikla. Također je utvrđen najjači pozitivni korelacijski odnos između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja kadmija, a negativni između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja nikla. U radu se predlažu smjernice za daljnje upravljanje Rezervatom.

Ključne riječi: Đurđevački pijesci, onečišćenje, teške kovine

ABSTRACT

Pedological researches were conducted in geobotanical reserve Đurđevac sands during 2006. and 2007. in order to determine the total heavy metals content the (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Cr). Correlation and regression relations were also worked out between total researched heavy metals, humus content, as well as soil reaction. The geobotanical reserve occupies the area of 19.5 ha. At the end of 19th and the beginning of 20th century eolic shifting sands of the Podravina region from Đurđevac to Virovitica were forested, resulting in disruption of biological and landscape diversity of the area. In order to restore the nature reserve, unwanted vegetation was eliminated in 6 ha, or humus accumulative layer of the soil was removed, resulting in partial restoration of Đurđevac shifting sands. In the broader area of the geobotanical reserve there are several gas and oil wells, whose drilling mud excavations contain different toxic substances hazardous for environment. Contamination of the nature reserve with above mentioned heavy metals was researched and comparison of contamination was made for the devastated and restored area. According to the level of contamination with by these heavy metals in individual soil samples from the whole area, encreased contamination with Copper, Cadmium and Nickel, and a high contamination with Chromium, was determined. The highest contamination of soils of the nature reserve, determined from individual soil samples of surface layer, was with Chromium, and the least with Lead. In the restored area bigger Copper and Lead total content of was determined on the average below of 30 cm soil depth and smaller total of Zinc, Cadmium, Nickel and Chromium content. The strongest positive correlation relation was determined among reaction of soil measured in water and total content of Copper, and negative one in relation to total Nickel content. The strongest positive correlation was also determined between the amount of humus and total Cadmium content, and negative one the amount of humus and total Nickel content. The paper proposes directives for the future management of the nature reserve.

Key words: Đurđevac sands, soil contamination, heavy metals

UVOD I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Đurđevački pijesci registrirani su u Registru zaštićenih objekata prirode 1963. godine kao «Posebni geografsko botanički rezervat». Zakonom zaštićeno područje obuhvaća površinu od 19,5 ha. Kako su pijesci, nošeni vjetrom, ugrožavali okolna naselja i poljoprivredne površine, krajem 19. i početkom 20. stoljeća eolski «živi» pijesci Podravine od Đurđevca do Virovitice pošumljeni su crnim i bijelim borom te bagremom, čime je narušena biološka i krajobrazna raznolikost ovog područja (Kranjčev, 1999). U cilju obnove Rezervata na cca 6 ha odstranjena je nepoželjna vegetacija ili je strojno skinut humusno akumulativni horizont. U tom smislu, u razdoblju od 2005. do 2007. godine, provedena su pedološka istraživanja, u sklopu kojih su otvorena i analizirana četiri pedološka profila i osam prosječnih uzoraka. Usporedba rezultata fizikalnih i kemijskih značajki tla na uređenoj i devastiranoj površini ukazuje na općenito povoljnije stanje većine ovih značajki na pošumljavanjem i zatravljivanjem devastiranoj površini (Špoljar i sur. 2006). Povećana razina plodnosti tla uzrokovala je i promjene u vegetacijskom pokrovu. Tvrtković i sur., 2004. navode da je pošumljavanje dovelo do gubitka karakterističnih biljnih i životinjskih vrsta, čime je, kako je već rečeno, u znatnoj mjeri osiromašena biološka raznolikost pijesaka. Blašković (1964.) navodi da je na ovim prostorima izvršen jak utjecaj čovjeka na prirodu, čime je, kako kaže autor, pustinja pretvorena u plodno tlo.

U široj okolini Rezervata nalaze se plinske i naftne bušotine, čije isplačne jame i njihove isplake (isplačna tekućina) sadrže različite tvari među kojima su kemijski spojevi i elementi, rizični za okoliš, odnosno toksični. Isplačne jame zbog toga predstavljaju potencijalnu opasnost za okoliš. Ove toksične tvari mogu se zadržati u tlu, dio ih se ispire u podzemne vode ili se prenose vodom i vjetrom. Biljke ih također primaju, pa tako ulaze u hranidbeni lanac s mogućim nepoželjnim posljedicama za zdravlje ljudi i životinja. Nakon dovođenja bušotina u eksploataciju, provodi se sanacija isplačnih jama i rekultivacija tla, a tlo pokušava vratiti u prvobitno stanje (Kisić i sur., 2006). Isti autori navode da eksploataciju nafte i plina u svim stadijima, od početnih rudarskih radova pa do isporuke nafte ili plina u mrežu, prate zahvati i postupci rizični za okoliš, napose za tlo na području na kojem se ti radovi obavljaju.

Zbog blizine plinskih i naftnih bušotina Geografsko botanički rezervat Đurđevački pijesci, osim devastacije zatravljivanjem i pošumljavanjem,

potencijalno je ugrožen i toksičnim tvarima čije porijeklo može biti iz ovih postrojenja. Špoljar i sur., 2006. utvrđuju povoljan utjecaj provedenih mjera uređenja Rezervata na većinu istraživanih fizikalnih i kemijskih značajki tla i preporučuju njihovu daljnju provedbu. Na razini podtipa autori izdvajaju silikatne i silikatno karbonatne eolske «žive» pijeske, koji se prema FAO klasifikaciji iz 1990a. mogu označiti kao kambični arenosoli (cambic arenosols). Kako bi se utvrdio mogući utjecaj plinskih i naftnih postrojenja na onečišćenje Đurđevačkih pijesaka teškim kovinama, u tijeku 2006. i 2007. godine obavljena su dopunska pedološka istraživanja kojima je utvrđen ukupni sadržaj teških kovina na tlima uređene i devastirane površine Rezervata. Ciljevi istraživanja bili su ograničeni na utvrđivanje mogućeg onečišćenja tla cinkom, bakrom, kadmijem, olovom, niklom i kromom. Također su utvrđeni korelacijski i regresijski odnosi između sadržaja humusa, reakcije tla i sadržaja istraživanih teških kovina. Temeljem dobivenih rezultata dane su preporuke za daljnje aktivnosti gospodarenja tlom i biljnim svijetom u cilju zaštite ovog područja kao vrijednog lokaliteta sveukupnog bogatstva biološke i krajobrazne raznolikosti Hrvatske.

MATERIJAL I METODE

Korištene su standardne metode pedoloških istraživanja (JDPZ, 1966, 1967; FAO, 1976; Škorić i sur., 1985, Škorić, 1986; FAO, 1990, 1990a). Na devastiranoj i uređenoj površini istraživanog područja otvorena su po dva pedološka profila iz kojih su uzeti pojedinačni uzorci za laboratorijske analize kemije tla. Profili P-1 i P-2 otvoreni su na uređenoj, a P-3 i P-4 na devastiranoj površini. U tijeku istraživanja, od 2005. do 2007. godine, ukupno je uzeto osam prosječnih uzoraka tla, četiri na uređenoj (Pu-1, Pu-2, Pu-5, Pu-6) i četiri na devastiranoj površini (Pu-3, Pu-4, Pu-7, Pu-8). Iz pojedinačnih i prosječnih uzoraka tla određeni su reakcija tla u vodi i 1M KCl-u i sadržaj humusa po Tjurinu. Ukupni sadržaj teških kovina (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni i Cr) u pojedinačnim i prosječnim uzorcima tla određen je digestijom u zlatotopki primjenom atomske apsorpcijske spektrometrije (AAS) prema Black et al., 1965. Korištenjem ovih podataka izračunat je stupanj onečišćenosti tla (S_0) u odnosu na njihov maksimalno prihvatljiv sadržaj prema kriterijima za višestruku namjenu tla (Eikman, Kloke 1991). Vrijednosti stupnja onečišćenosti tla (S_0) interpretirane su prema kriterijima koje predlažu Bašić i sur., 1993. Rezultati

sadržaja humusa i reakcije tla mjerene u vodi iz prosječnih uzoraka, kao i podaci o sadržaju istraživanih teških kovina, statistički su obrađeni korelacijskom i regresijskom analizom pri vjerojatnosti od 95 %.

REZULTATI I RASPRAVA

Pedološkim istraživanjima provedenim na Đurđevačkim pijescima utvrđeni su silikatni (profili P-1, P-2, P-4) i silikatno karbonatni eolski «živi» pijesci (profil P-3), koji se prema FAO legendi iz 1990a. mogu označiti kao kambični arenosoli. Rezultati sadržaja humusa i reakcije tla mjerene u vodi i 1 M KCl-u iz pojedinačnih i prosječnih uzoraka tla prikazani su na tablicama 1. i 2.

Tablica 1. Sadržaj humusa i reakcija tla
Table 1. Humus content and soil reaction

Broj profila, Profile number	Dubina, Depth (cm)	pH		Humus, (%)
		H ₂ O	1 MKCl	
P-1	0-20	6,80	4,79	0,42
	20-103	6,28	4,77	
P-2	0-15	4,99	4,09	0,49
	15-80	5,66	4,37	
Uređena površina, Restored area				
P-3	0-30	5,96	4,82	1,15
	30-85	8,04	7,60	
P-4	0-17	4,67	3,72	4,47
	17-80	4,78	4,01	
Devastirana površina, Devastated area				

Kao rezultat provedenih mjera uređenja pijesaka, na uređenom dijelu površine utvrđen je u površinskom horizontu prosječno manji sadržaj humusa za 2,35 %, a u prosječnim uzorcima također manji za 1,39%. Silikatni eolski «živi» pijesci u površinskom i potpovršinskom horizontu su kisele do jako kisele reakcije, dok su silikatno-karbonatni kisele reakcije u površinskom i alkalne u potpovršinskom horizontu. U prosječnim uzorcima tla do 30 cm

Tablica 2. Sadržaj humusa i reakcija tla u prosječnim uzorcima

Table 2. Humus content and soil reaction from mean samples

Broj uzorka, Sample number	Dubina, Depth (cm)	pH		Humus, (%)
		H ₂ O	1 MKCl	
Pu-1	0-30	5,67	4,43	0,32
Pu-2	0-30	5,08	4,15	0,46
Pu-5	0-30	5,08	4,12	0,54
Pu-6	0-30	5,39	4,16	0,80
Uređena površina, Restored area				
Pu-3	0-30	6,00	4,72	1,23
Pu-4	0-30	4,64	3,63	2,27
Pu-7	0-30	5,42	4,09	2,03
Pu-8	0-30	4,98	3,81	2,16
Devastirana površina, Devastated area				

Dubine na uređenoj površini tlo je jako kisele, a na devastiranom dijelu površine kisele do jako kisele reakcije. Ukupni sadržaj zemnoalkalnih karbonata kod silikatno karbonatne jedinice tla u potpovršinskom horizontu iznosi 3,52 %. Bašić i sur., 2006. navode da je u karbonatnim tlima dopušten sadržaj teških kovina veći za 25% u odnosu na maksimalno prihvatljive vrijednosti. Temeljem toga, u potpovršinskom horizontu kod silikatno-karbonatnih eolskih «živih» pijesaka mogu se tolerirati nešto veće vrijednosti ukupnog sadržaja teških kovina od maksimalno prihvatljivih.

Ukupni sadržaj teških kovina (Zn, Cu, Cd, Pb, Ni i Cr) u pojedinačnim i prosječnim uzorcima prikazuje se na tablicama 3. i 4., a njihove prosječne vrijednosti na grafikonima 1, 2 i 3. Korelacijske i regresijske odnose između ukupnog sadržaja istraživanih teških kovina i reakcije tla mjerene u vodi prikazuje grafikon 4., a između ukupnog sadržaja ovih teških kovina i humusa grafikon 5. Statistička analiza pokazuje da uz vjerojatnost od 95 % utvrđeni korelacijski odnosi nisu statistički opravdani.

Utvrđene vrijednosti stupnja onečišćenja tla (S₀) cinkom i olovom u površinskom i potpovršinskom horizontu ne prelaze graničnu vrijednost od 0,25 na čitavom području Rezervata, odnosno, na temelju podataka iz pojedinačnih

uzoraka, tlo nije onečišćeno ovim teškim kovinama (I. razred – čisto tlo). Međutim, u prosječnim uzorcima tla utvrđen je povećan stupanj onečišćenja tla cinkom, s najvećom vrijednošću na površini devastiranoj zatravljivanjem i pošumljavanjem ($S_0 = 0,30$). Prosječna vrijednost ukupnog sadržaja cinka u pojedinačnim uzorcima tla veća je na uređenoj u odnosu na devastiranu površinu u površinskom horizontu za 1,76, a olova za 2,65 mg/kg. Prosječni ukupni sadržaj cinka manji je na uređenom dijelu površine u potpovršinskom horizontu za 2,53 i olova za 4,76 mg/kg. U prosječnim uzorcima tla do 30 cm dubine na uređenom dijelu površine evidentiran je u prosjeku manji ukupni sadržaj cinka za 5,04 i prosječno veći ukupni sadržaj olova za 1,54 mg/kg. Utvrđeni korelacijski koeficijent između ukupnog sadržaja olova i reakcije tla mjerene u vodi iznosi 0,49, a između ukupnog sadržaja cinka i pH mjenog u vodi 0,17, što ukazuje na relativno slab korelacijski odnos između varijabli. Utvrđen je također vrlo slab korelacijski odnos između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja ova dva teška metala. Korelacijski koeficijent za sadržaj humusa i olova iznosi 0,08, a za sadržaj humusa i cinka 0,28.

Na temelju podataka o stupnju onečišćenosti tla bakrom, na čitavom području Rezervata u oba horizonta utvrđena je povećana onečišćenost tla (II. razred onečišćenosti). U prosječnim uzorcima tla također je utvrđena uglavnom povećana onečišćenost tla bakrom. U površinskom horizontu na uređenom dijelu površine evidentiran je prosječno manji ukupni sadržaj bakra za 0,04 i u potpovršinskom za 0,68 mg/kg. Utvrđeni korelacijski odnos između ukupnog sadržaja bakra i pH mjenog u vodi iznosi 0,71 i ukazuje na srednje jaki korelacijski odnos između varijabli. Korelacijski koeficijent za sadržaj humusa i ukupni sadržaj bakra iznosi 0,13, odnosno to je relativno slab korelacijski odnos.

Glede onečišćenosti tla kadmijem, u pojedinačnim uzorcima tla utvrđena je na uređenoj površini u površinskom i potpovršinskom horizontu povećana onečišćenost kadmijem (II. razred onečišćenja). Na devastiranoj površini u površinskom horizontu stupanj onečišćenosti tla kadmijem ukazuje na povećanu do veliku i povećanu onečišćenost u potpovršinskom horizontu. Na temelju podataka iz prosječnih uzoraka utvrđena je povećana do velika onečišćenost tla kadmijem na čitavom području Rezervata (II. i III. razred onečišćenja). U površinskom horizontu na uređenom dijelu površine evidentiran je manji ukupni sadržaj kadmija za 0,19 i u potpovršinskom za 0,02 mg/kg. Također je u

prosječnim uzorcima tla na uređenoj površini ukupni sadržaj kadmija bio manji za 0,04 mg/kg. Korelacijski koeficijent između ukupnog sadržaja kadmija i sadržaja humusa iznosi 0,63 i ukazuje na srednje jak korelacijski odnos između varijabli, dok je za reakciju tla mjerenu u vodi i ukupni sadržaj kadmija 0,55, odnosno, također srednje jak korelacijski odnos.

Na temelju podataka o stupnju onečišćenja tla niklom, u površinskom horizontu na uređenoj površini tlo je povećane do velike onečišćenosti i čisto do povećano onečišćeno na devastiranoj površini. U potpovršinskom horizontu stupanj onečišćenosti niklom ukazuje na povećanu onečišćenost na cijelom području istraživanja. U prosječnim uzorcima tla na devastiranoj površini utvrđen je najveći stupanj onečišćenosti niklom (veliko onečišćenje, $S_0 = 0,67$). Na uređenoj površini, na temelju stupnja onečišćenosti iz prosječnih uzoraka, utvrđena je povećana onečišćenost tla (II razred onečišćenja) ovom teškom kovinom. Utvrđeni korelacijski koeficijent između ukupnog sadržaja nikla i reakcije tla mjerene u vodi je negativan i iznosi $-0,02$, a također je negativan ($-0,19$) i u odnosu na sadržaj humusa.

U površinskom i potpovršinskom horizontu na čitavoj površini Rezervata, tlo je velike onečišćenosti (III. razred onečišćenja) kromom. U površinskom horizontu na uređenoj površini utvrđen je prosječno veći ukupni sadržaj kroma za 3,05 mg/kg, a u potpovršinskom za 1,60 mg/kg. U prosječnim uzorcima tla na uređenoj površini utvrđen je također III. razred (veliko onečišćenje) onečišćenosti tla ovom teškom kovinom, dok je na devastiranoj utvrđen IV. razred onečišćenosti. Na uređenoj površini do 30 cm dubine tla ukupni sadržaj kroma prosječno je manji za 8,05 mg/kg. Relativno slab korelacijski odnos utvrđen je između ukupnog sadržaja kroma i pH mjenog u vodi (0,10), kao i u odnosu na sadržaj humusa (0,04).

U Rezervatu je, kako je iz podataka vidljivo, u površinskom i potpovršinskom horizontu, na temelju stupnja onečišćenosti tla izračunatog iz prosječnih vrijednosti ukupnog sadržaja teških kovina, utvrđeno povećano onečišćenje (II. razred) bakrom, kadmijem i niklom te veliko kromom (III. razred). U prosječnim uzorcima tla, također je, na osnovi stupnja onečišćenosti tla izračunatog iz srednjih vrijednosti ukupnog sadržaja teških kovina, na čitavoj površini ustanovljeno povećano onečišćenje tla bakrom, kadmijem i niklom (II razred). Stupanj onečišćenja tla izračunat iz srednjih vrijednosti ukupnog

Tablica 3. Ukupni sadržaj teških kovina u pojedinačnim uzorcima tla
Table 3. Total heavy metals content in individual soil samples

Broj profila, Profile number	Horizont, Horizon	Dubina, Depth Cm	Ukupni sadržaj teških kovina, Total heavy metals content mg/kg											
			Zn	S _o	Cu	S _o	Cd	S _o	Pb	S _o	Ni	S _o	Cr	S _o
P-1 ¹	Ap	0-20	37,06	0,25	15,04	0,30	0,28	0,28	20,80	0,21	22,29	0,56	44,90	0,90
	C	20-103	33,16	0,22	13,66	0,27	0,42	0,42	17,30	0,17	18,13	0,45	46,00	0,92
P-2 ¹	Ap	0-15	37,64	0,25	13,72	0,27	0,28	0,28	17,30	0,17	15,15	0,38	55,00	1,10
	C	15-80	36,34	0,24	16,12	0,32	0,38	0,38	17,30	0,17	18,11	0,45	50,40	1,01
P-3 ²	(A)	0-30	37,46	0,25	16,02	0,32	0,53	0,53	15,50	0,16	18,90	0,47	46,70	0,93
	C	30-85	37,28	0,25	17,85	0,36	0,41	0,41	23,71	0,24	16,50	0,41	45,00	0,90
P-4 ²	(A)	0-17	33,72	0,22	12,81	0,26	0,40	0,40	17,30	0,17	9,09	0,23	47,10	0,94
	C	17-80	37,28	0,25	13,28	0,26	0,43	0,43	20,40	0,20	12,22	0,30	48,20	0,96

Tumač, Legend: ¹ uređena površina, restored area, ² devastirana površina, devastated area, S_o stupanj onečišćenja, contamination degree (S_o do, up to 0,25 - I razred, I class; S_o od, from 0,25 do, up to 0,50 - II razred, II class; S_o od, from 0,50 do, up to 1,0 III razred, III class; S_o od, from 1,0 do, up to 2,0 IV razred, IV class; S_o > 2,0 V razred, V class)

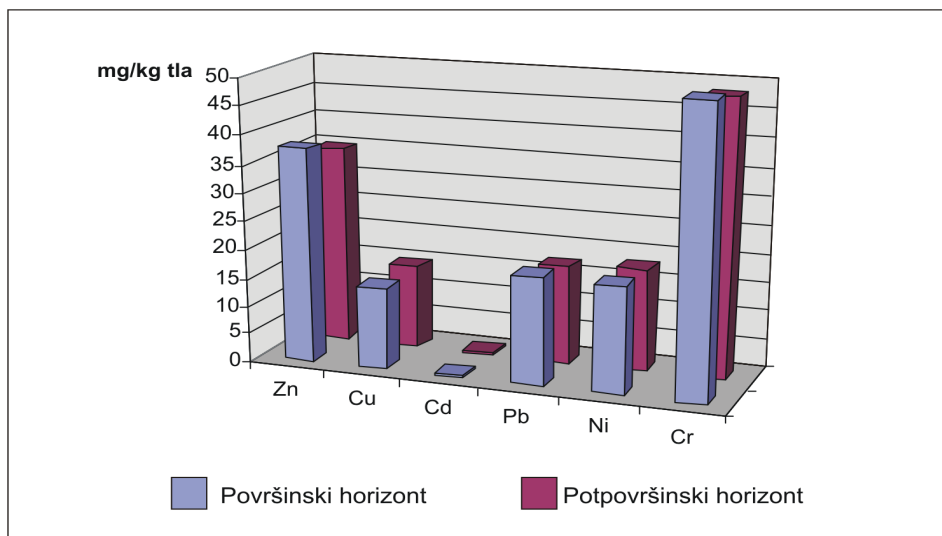
Tablica 4. Ukupni sadržaj teških kovina u prosječnim uzorcima tla
Table 4. Total heavy metals content from mean samples

Broj uzorka, Sample number	Dubina, Depth cm	Ukupni sadržaj teških kovina, Total heavy metals content mg/kg											
		Zn	S _o	Cu	S _o	Cd	S _o	Pb	S _o	Ni	S _o	Cr	S _o
Pu-1 ¹	0-30	29,80	0,20	17,02	0,34	0,35	0,35	22,42	0,22	18,16	0,45	49,00	0,98
Pu-2 ¹	0-30	31,84	0,21	14,38	0,29	0,41	0,41	17,01	0,17	11,29	0,28	44,30	0,89
Pu-3 ²	0-30	45,58	0,30	13,86	0,28	0,45	0,45	10,40	0,10	26,60	0,67	55,50	1,11
Pu-4 ²	0-30	33,64	0,22	11,55	0,23	0,45	0,45	17,30	0,17	10,55	0,26	48,00	0,96
Pu-5 ¹	0-30	43,08	0,29	17,60	0,35	0,60	0,60	18,00	0,18	16,50	0,41	48,00	0,96
Pu-6 ¹	0-30	30,72	0,20	12,82	0,26	0,38	0,38	13,80	0,14	15,15	0,38	40,00	0,80
Pu-7 ²	0-30	35,20	0,23	13,83	0,28	0,53	0,53	17,30	0,17	13,15	0,33	51,00	1,02
Pu-8 ²	0-30	41,20	0,27	13,58	0,27	0,45	0,45	20,08	0,20	15,12	0,38	59,00	1,18

Tumač, Legend: ¹ uređena površina, restored area, ² devastirana površina, devastated area, S_o stupanj onečišćenja, contamination degree, (S_o do, up to 0,25 - I razred, I class; S_o od, from 0,25 do, up to 0,50 - II razred, II class; S_o od, from 0,50 do, up to 1,0 III razred, III class; S_o od, from 1,0 do, up to 2,0 IV razred, IV class; S_o > 2,0 V razred, V class)

sadržaja cinka u prosječnim uzorcima ukazuje na čisto tlo (I. razred) na uređenom dijelu površine, a na devastiranom dijelu na povećanu onečišćenost (II. razred).

Na temelju srednjih vrijednosti ukupnog sadržaja kroma u prosječnim uzorcima tla, stupanj onečišćenosti ukazuje na veliko onečišćenje (III. razred)

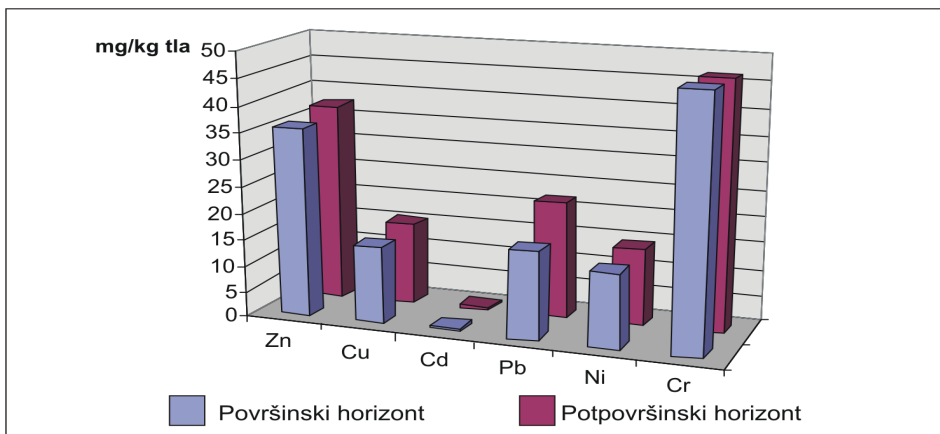


Grafikon 1. Prosječne vrijednosti ukupnog sadržaja teških kovina iz pojedinačnih uzoraka na uređenoj površini.

Graph 1. Mean values of total heavy metals content from individual samples in restored area

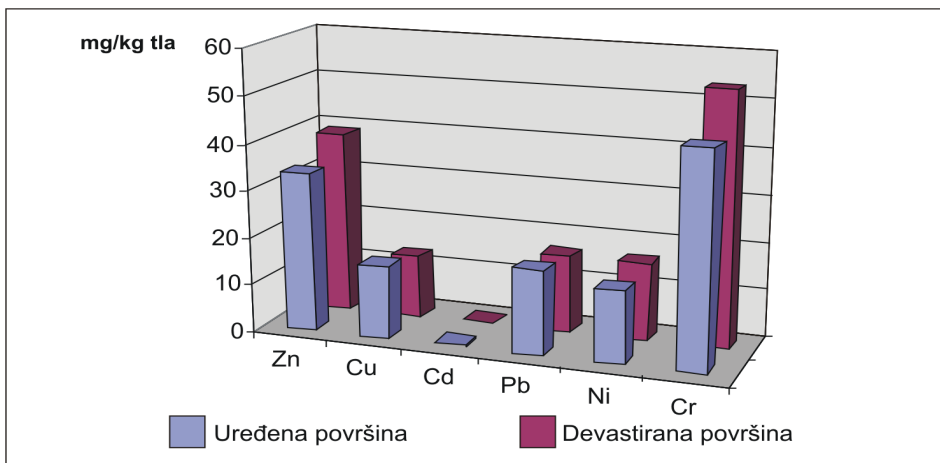
na uređenoj, a na onečišćeno tlo na devastiranoj površini (IV. razred). Na uređenoj površini u odnosu na devastiranu, u površinskom horizontu utvrđen je prosječno veći ukupni sadržaj cinka, olova, nikla i kroma, a nešto manji sadržaj bakra i kadmija. Do 30 cm dubine tla na uređenoj površini ustanovljen je prosječno veći ukupni sadržaj bakra i olova te prosječno manji ukupni sadržaj cinka, kadmija, nikla i kroma.

A. Špoljar i sur.: Onečišćenost tala Geografsko-botaničkog rezervata Đurđevački pijesci teškim kovinama



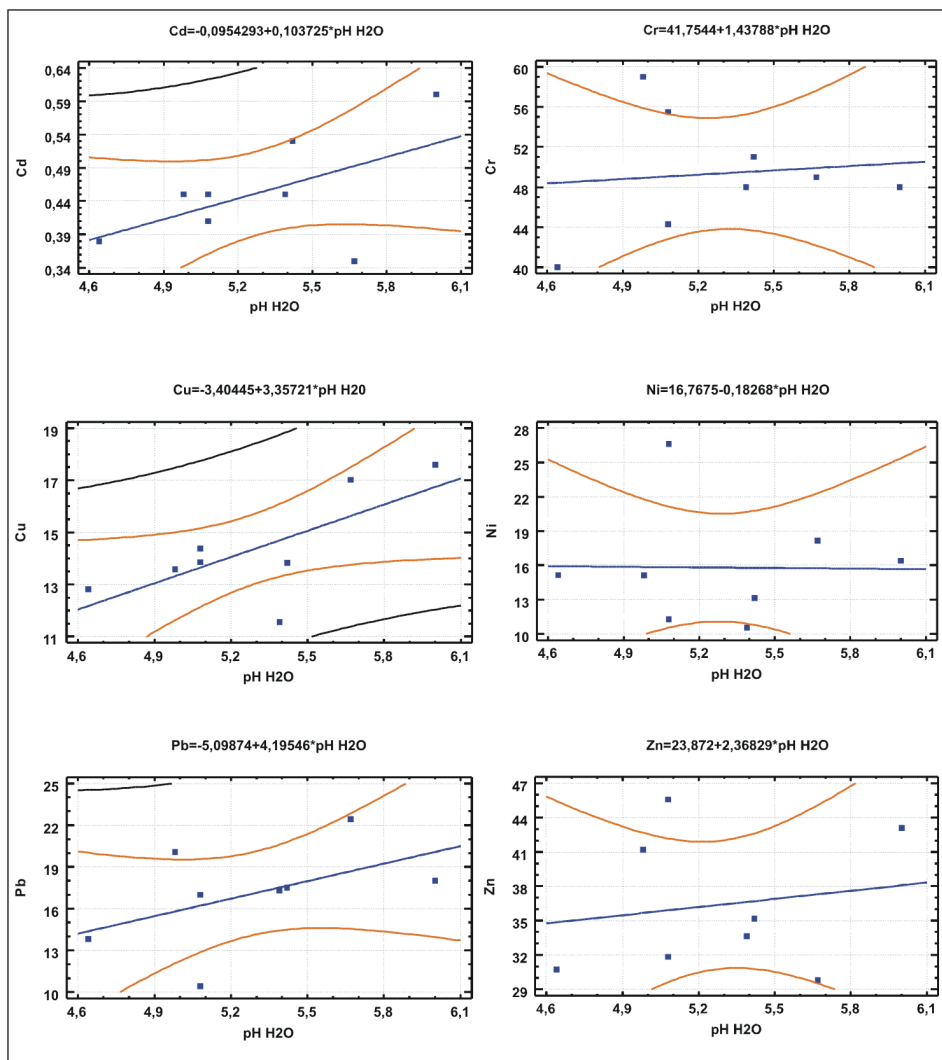
Grafikon 2. Prosječne vrijednosti ukupnog sadržaja teških kovina iz pojedinačnih uzoraka na devastiranoj površini.

Graph 2. Mean values of total heavy metals content from individual samples in devastated area



Grafikon 3. Prosječne vrijednosti ukupnog sadržaja teških kovina u prosječnim uzorcima tla

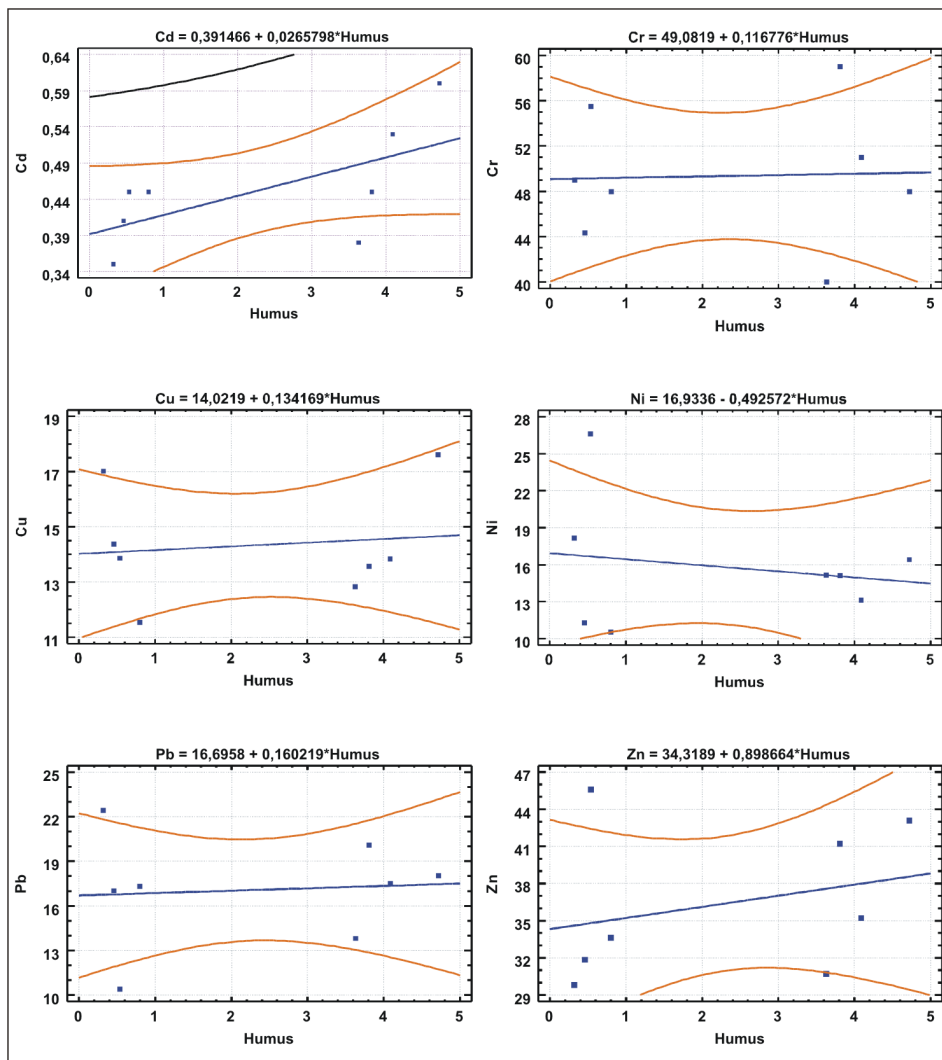
Graph 3. Mean values of total heavy metals content from mean soil samples



Grafikon 4. Korelacijski i regresijski odnosi između reakcije tla mjerene u vodi i ukupnog sadržaja teških kovina

Graph 4. Correlation and regression relationship between soil reaction in water and total heavy metals content

A. Špoljar i sur.: Onečišćenost tala Geografsko-botaničkog rezervata Đurđevački pijesci teškim kovinama



Grafikon 5. Korelacijski i regresijski odnosi između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja teških kovina.

Graph 5. Correlation and regression relationship between content of humus and total heavy metals content

Kako je iz rezultata statističke analize vidljivo, utvrđen je najjači korelacijski odnos između reakcije tla mjerene u vodi i ukupnog sadržaja bakra (0,71), a negativan je u odnosu na ukupni sadržaj nikla (-0,02). Korelacijskom i regresijskom analizom također je ustanovljen najjači korelacijski odnos između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja kadmija (0,63), a negativan je u odnosu na ukupni sadržaj nikla (-0,19).

Edelman i De Bruin 1985. istražuju u tlima Nizozemske onečišćenost teškim kovinama i utvrđuju slične korelacijske odnose između ukupnog sadržaja cinka, kroma i sadržaja organske tvari. Autori su također dobili nizak korelacijski odnos između ove dvije varijable. De Matos et al., 2001. u tlima Brazila utvrđuju pozitivan korelacijski odnos između ukupnog sadržaja teških kovina (Zn, Cd, Cu, Pb), reakcije tla i sadržaja organske tvari. Pozitivni korelacijski odnos između ukupnog sadržaja kadmija, reakcije tla, sadržaja organske tvari i kapaciteta izmjenljivih kationa dobivaju i Tyler et al., 1984. U istraživanjima provedenim na Đurđevačkim pijescima dobiveni su slični korelacijski odnosi između ukupnog sadržaja istraživanih teških metala (osim za nikel), reakcije tla mjerene u vodi i sadržaja humusa.

Istraživanja su za sada obuhvatila određivanje ukupnog sadržaja cinka, bakra, kadmija, olova, nikla i kroma. Međutim, poželjno bi bilo izraditi i druge teške kovine, poglavito sadržaj arsena i žive, kao i sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika te ukupnih i mineralnih ulja kojima tlo može biti onečišćeno. Nužno bi također bilo odrediti sadržaj bilju pristupačnih teških kovina u tlu te njihovu akumulaciju u biljnom materijalu. Na temelju dobivenih rezultata koji ukazuju na stanovitu onečišćenost Đurđevačkih pijesaka gotovo svim istraživanim teškim kovinama, preporučuje se kontinuirano praćenje ovih, ali i drugih toksičnih tvari kojima tla Rezervata mogu biti onečišćena. Sve indicije govore da bi izvor onečišćenja Đurđevačkih pijesaka mogla biti plinska i naftna postrojenja, koja se nalaze u njihovoj bližoj okolici. Za potvrdu ove pretpostavke trebalo bi provesti dopunska istraživanja. Istraživanja onečišćenja trebalo bi proširiti na poljoprivredne i šumske površine zbog utvrđivanja mogućeg onečišćenja toksičnim tvarima, koje mogu imati nepoželjne posljedice za zdravlje ljudi i životinja.

ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata može se zaključiti sljedeće:

- Najveća je onečišćenost u tlima Rezervata kromom (IV. razred – onečišćeno tlo), a najmanja olovom (I. razred - čisto tlo).
- Utvrđen je najjači korelacijski odnos između reakcije tla u vodi i bakra (0,71), a negativan je u odnosu na ukupni sadržaj nikla (-0,02). Korelacijskom i regresijskom analizom ustanovljen je najjači korelacijski odnos između sadržaja humusa i ukupnog sadržaja kadmija (0,63), a negativan je u odnosu na ukupni sadržaj nikla (-0,19).
- Istraživanja su u ovom stadiju obuhvatila utvrđivanje ukupnog sadržaja cinka, bakra, kadmija, olova, nikla i kroma. Trebalo bi utvrditi i ukupni sadržaj drugih teških kovina, poglavito žive i arsena, kao i sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika te ukupnih i mineralnih ulja kojima tlo može biti onečišćeno. Također se preporuča određivanje biljci pristupačnih teških kovina u tlu te njihova akumulacija u biljnom materijalu. Na temelju rezultata može se konstatirati da tla Đurđevačkih pijesaka imaju povećan sadržaj gotovo svih istraživanih teških kovina. Istraživanja treba proširiti na tla poljoprivrednih i šumskih površina, koje mogu biti onečišćene navedenim toksičnim tvarima, što može imati nepoželjne posljedice za zdravlje ljudi i životinja. Sve indicije govore da bi izvor onečišćenosti Rezervata mogla biti plinska i naftna postrojenja, koja se nalaze u njenoj bližoj okolini.

LITERATURA

A.T. de Matos, M.P.F. Fontes, L.M. de Costa and M.A. Martinez.

(2001): Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils, Environmental Pollution, Vol. 111, Issue 3, pp. 429-435.

Bašić, F., Butorac, A., Vidaček, Ž., Racz, Z., Ostojić, Z., Bertić, B.

(1993): Program zaštite tala Hrvatske – Inventarizacija stanja – Trajno motrenje - Informacijski sustav, studija, Fond stručne dokumentacije Zavoda za OPB Agronomskog fakulteta, Zagreb, 122 str.

- Bašić, F., Kisić, I., Mesić, M., Zgorelec, Ž., Vuković., Sajko K., Jurišić, A.** (2006): Trajno motrenje ekosustava okoliša CPS Molve, Zavod za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str.58.
- Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L. E., Clark, F.E.** (1965): Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Blašković, V.** (1964): Prirodne oznake Đurđevačkih pijesaka, Geografski glasnik No 25, Geografsko društvo Hrvatske i Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 1-35.
- Edelman, T., De Bruin, M.** (1985): Background values of 32 elements in Dutch topsoils, determined with non-destructive neutron activation analysis, Utrecht, The Netherlands, p. 89-99.
- Eikmann, TH., Kloke, A.** (1991): Nutzungs und schutzbezogene orientierungswerte für Schadstoffe in Boden. In: Rosenkranz, D.G. Einsele und H.M. Harress Handbuch Bodenschutz, E. Sch, Verlag, Berlin.
- JDPZ** (1966): Kemijske metode ispitivanja zemljišta. Priručnik, Knjiga 1, Beograd.
- JDPZ** (1967): Metodika terenskog ispitivanja zemljišta i izrade pedoloških karata, Priručnik, Beograd.
- FAO.** (1976): Guidelines for Soil Profile Description, Soils bull. 32, Rome.
- FAO.** (1990): Guidelines for Soil Profile Description. Management and Conservation Service Land and Water Development Division, Rome.
- FAO.** (1990a): FAO-Unesco Soil map of the World: Revised Legend, World Soil Resources report 60, FAO/Unesco/ISRIC, Rome.
- Kisić, I., Bašić, F., Seletković, Z., Mesić, M., Vadić Željka., Vuković Ivana., Sajko, K.** (2006): Agroekološki elaborat stanja tala s

projektom rekultivacije bušotinskih radnih prostora i isplačnih jama polja Bilogora, Zavod za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, elaborat, Zagreb.

Kranjčev, R. (1999): Podravski pijesci i Geografsko-botanički rezervat nekad i danas – Izvješće Javnoj ustanovi za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Koprivničko-križevačke županije, Koprivnica, 7str.

Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti B i H, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo.

Škorić, A. (1986): Priručnik za pedološka istraživanja, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Špoljar, A., Kušec, V., Kamenjak, D., Kvaternjak Ivka, Peremin Volf Tomislava. (2006): Promjene pedoloških značajki Đurđevačkih pijesaka uzrokovane revitalizacijom, Agronomski glasnik ISSN 0002-1954, Zagreb, str. 181-198.

Tyler, L.D., Gerth, J., Brummer, G. (1984). The relative affinities of Cd, Ni and Zn for different soil clay fractions and goethite, Geoderma 34., pp. 17-35.

Tvrtković, N., Vuković Marijana., Šašić Martina., Klipa Marijana. (2004): Dosadašnja faunistička opažanja na podravskim pijescima - Izvješće, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb.

Adresa autora – Author s address:

Andrija Špoljar,
Vlado Kušec,
Dragutin Kamenjak,
Ivka Kvaternjak
Visoko gospodarsko učilište
u Križevcima
e-mail: aspoljar@vguk.hr

Primljeno-Received: 13.02.2008.

Lepomir Čoga
Ivo Pavlović
Agronomski fakultet Sveučilišta
u Zagrebu
e-mail: lcoga@agr.hr

