

"Zbornik radova", Sveska 40, 2004.

**STEPEN ZAGAĐENJA NEPOLJOPRIVREDNOG  
ZEMLJIŠTA U VOJVODINI**

*Vasin, J.<sup>1</sup>, Sekulić, P.<sup>1</sup>, Hadžić, V.<sup>2</sup>, Bogdanović, Darinka<sup>2</sup>,  
Pucarević, Mira<sup>1</sup>*

**IZVOD**

Ispitivano je nepoljoprivredno zemljište pod različitim vidovima zaštite (Nacionalni park Fruška Gora, specijalni rezervati prirode, park prirode) i zemljište koje se planira da bude zaštićeno prirodno dobro (Titelski breg, Subotičko-Horgoška peščara, Koviljsko-Petrovaradinski rit, Biserno ostrvo i Jegrička).

Utvrđen je veći sadržaj od maksimalno dozvoljene količine ukupnog Cu u dva uzorka, Ni u devet uzoraka i Cr u dva uzorka od ukupno ispitivanih 37 uzoraka. Lakopristupačni sadržaj Ni i Cr u tim uzorcima pokazuje da povišen ukupan sadržaj nije rezultat antropogenog zagađenja.

Interval ukupnog sadržaja PAH-ova je 0,09-3,57 mg/kg. 94,6 % uzoraka nije zagađeno PAH-ovima preko maksimalno dozvoljene količine.

**KLJUČNE REČI:** biogeni mikroelementi, nepoljoprivredno zemljište, poliklični aromatični ugljovodonici, teški metali, zaštićena prirodna dobra, zagađenje

**Uvod**

Zemljište predstavlja jedan od najvažnijih prirodnih resursa, neprocenjivo dobro celog čovečanstva, a nikako jedne generacije, jedne nacije, grupe ili pojedinca. Ono je ograničeno i uništivo dobro, sporo se obrazuje, a u procesu destrukcije brzo uništava.

U toku 1999. godine Vojvodina je bila izložena snažnom bombardovanju NATO pakta, pri čemu je došlo do razaranja industrijskih postrojenja. Razaranje

- 
- 1 Mr Jovica Vasin, istraživač saradnik, prof. dr Petar Sekulić, naučni savetnik, dr Mira Pucarević, istraživač saradnik, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
  - 2 Prof. dr Vladimir Hadžić, redovni profesor, prof. dr Darinka Bogdanović, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet i Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

fabrika manifestiralo se akcidentnim situacijama izlivanja opasnog i štetnog otpada (Pančevo) ili gorenja petrohemijskog kompleksa (Novi Sad i Pančevo). Izlivanje opasnih i štetnih materija uticalo je na nadzemne i podzemne vodotokove, preko kojih će indirektno uticati na zemljište. Gorenje rafinerije u Novom Sadu i petrohemijskog kompleksa u Pančevu i čitavog niza manjih industrijskih kapaciteta u vazduh su dospеле čestice čađi i na njima kondenzovane štetne materije. U toku 1999. godine imali smo vrlo visoku količinu padavina, tako da su sve čestice putem padavina dospеле u zemljište po celokupnoj teritoriji Vojvodine. Upravo zato kao imperativ nametnula su se istraživanja prisustva produkata gorenja nafte i naftnih derivata - policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH-ova) u zemljištu.

Policiklični aromatski ugljovodonici (PAH) ili poliareni su velika grupa strukturno veoma različitih organskih jedinjenja (Harvey, 1997). Prisutni su svim delovima životne sredine, a najveći izvori su termoelektrane koje troše ugalj, spaljivanje otpada, izduvni gasovi saobraćaja i industrija, šumski požari i incidentne situacije (gorenje rafinerija nafte usled NATO bombardovanja). Zbog kancerogenosti, toksičnosti i mutagenosti (Holoubek et al., 1996) praćenje sadržaja PAH-ova u životnoj sredini je od velikog značaja.

Na području Vojvodine vršeno je praćenje globalnog stanja plodnosti i u okviru nje i zagađenosti zemljišta (Hadžić, 1996, Sekulić i sar., 1996).

Sekreterijati za zaštitu životne sredine i održivi razvoj Izvršnog Veća AP Vojvodine pokrenuo je 2002. godine projekat Monitoring kvaliteta životne sredine i formiranje informacionog podsistema za stanje kvaliteta nepoljoprivrednog zemljišta na teritoriji AP Vojvodine. Rezultati ovog ispitivanja predstavljaju deo rada na ovom projektu.

### **Materijal i metod rada**

U toku jeseni 2002. godine izvršena su pripremna istraživanja, rekognosciranje terena i uzorkovanje nepoljoprivrednog zemljišta zaštićenih i planiranih za zaštitu prirodnih dobara. Uzorkovano je zemljište sa 37 lokacija.

Prosečni uzorci zemljišta uzimani su u narušenom stanju, sondom, sa dubine od 0 do 30 cm. Svaki prosečan uzorak je dobijen mešanjem 15-20 pojedinačnih uzoraka.

Laboratorijska ispitivanja su obavljena u Laboratoriji za agroekologiju, Zavoda za zemljište, agroekologiju i đubriva Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Ispitivan je ukupni sadržaj (u rastvoru nakon razaranja zemljišta sa koncentrovanom  $\text{HNO}_3$  i  $\text{H}_2\text{O}_2$  - Alloway, 1995.) biogenih mikroelemenata i teških metala. Kod uzoraka gde su dobijene vrednosti ukupnog sadržaja pojedinog elementa iznad maksimalno dozvoljenih količina analiziran je i sadržaj pristupačnog oblika za biljke (u EDTA). U dobivenim ekstrakcionim rastvorima mikroelementi i teški metali određivani su na AAS Varian Spectra 600.

Tab.1. Ispitivani lokaliteti nepoljoprivrednog zemljišta  
 Tab.1. Nonagricultural soil locations

Lokalitet - Location	Opis - Description
Nacionalni park Fruška Gora	TV toranj, Elektrovojvodina
	Beočinske livade (Brankovac)
	Čortanovačka šuma
	Dubočaš - Vrdnik
	Crveni čot
Fruška Gora (van Nacionalnog parka)	Beli kamen
	Beočin (Filijala BFC)
Specijalni rezervat prirode "Obedska bara"	Krčevine
	Kupinik
	Čenjin-Revenica
Specijalni rezervat prirode "Stari Begej-Carska bara"	Tegelica
	Mali Sikilj - Carska bara
	Botoški rit
Specijalni rezervat prirode "Ludoš"	Čurgo
	Ptičarska koliba
Specijalni rezervat prirode "Deliblatska peščara"	Lipar - prema Crnom vrhu
	Šušarski pašnjaci
Specijalni rezervat prirode "Karađorđevo"	Guvnište
Specijalni rezervat prirode "Zasavica"	Donja Zasavica
	Ravnje
Specijalni rezervat prirode "Gornje Podunavlje"	Bački Monoštar - Štrbac
	Srebrenica (Duboki jendek)
Specijalni rezervat prirode "Velike droplje"	Milina bara
Spec. rezervat prirode "Selevenjska pustara"	Degelica
Specijalni rezervat prirode "Slano Kopovo"	Između Kopova
	Slano Kopovo
Regionalni park "Vršačke planine"	Padina prema Mesiću
	Vršačka kula
Park prirode "Begečka jama"	Tatarnica
Park prirode "Palić"	Iza ZOO vrta
Park prirode "Ponjavica"	Banatski Brestovac
Titelski breg	Iznad Vodica
Subotičko-Horgoška peščara	Daščanska šuma
Koviljsko-Petrovaradinski rit	Arkanj - kod čarde "Na kraj sveta"
	Petrovaradin - ispod crkve na Tekijama
Biserno ostrvo	Čurug
Jegrička	Žabalj - kod spomenika na Tisi

Ekstrakcija PAH-ova urađena je superkritičnim ugljen-dioksidom na SFE Hewlett Packard model 7680A. Tako dobijeni ekstrakti u cilju utvrđivanja vrste i koncentracije PAH-ova analizirani su tečnohromatografski na uređaju HP 1100. Za hromatografsko razdvajanje korišćen je gradijent mobilne faze acetonitril/voda (35/75) i kolona C-18, unutrašnjeg prečnika 2,1 mm i dužine 200 mm. Za potvrdu identiteta jedinjenja korišćen je UV-detektor sa nizom dioda (DAD).

Zemljište je analizirano na prisustvo 15 karakterističnih predstavnika ove grupe jedinjenja: naftalen, fenantren, acenaften, fluoren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, krizen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen i benzo(g,h,i)perilen.

### Rezultati i diskusija

U uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta uzetim pod različitim vidovima zaštite određen je sadržaj biogenih mikroelemenata i teških metala sa pretežno toksičnim dejstvom (tab. 2, 3 i 4). Maksimalno dozvoljene količine ovih elemenata u zemljištu navedene su prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu - Službeni glasnik Republike Srbije 23/1994

Da bi biljke mogle da rastu i razvijaju se moraju usvajati iz zemljišta kako neophodne biogene makro elemente, tako i biogene mikro elemente. Za formiranje visokih, stabilnih i kvalitetnih prinosa ratarskih i povrtarskih biljaka, voćarskih i vinogradarskih zasada, bitno je da neophodnih biogenih elemenata u zemljištu bude uvek dovoljno u pristupačnoj formi. Međutim, za nas optimalan sadržaj biogenih elemenata u zemljištu nema taj značaj u slučaju biljaka koje se ne gaje zbog prinosa i koje rastu na nepoljoprivrednom zemljištu. Otuda u ovim istraživanjima posebno obraćamo pažnju na dozvoljeni sadržaj mikroelemenata koji u većim koncentracijama mogu da deluju toksično.

Ukupan sadržaj Cu u nepoljoprivrednom zemljištu iznad maksimalno dozvoljene količine ustanovljen je samo u dva uzorka i to na lokalitetima Regionalni park "Vršačke planine" i Koviljsko-Petrovaradinski rit (tab.2 i 4). Da bi ustanovili poreklo povećanih koncentracija Cu na ovim lokalitetima, a i svih drugih mikroelemenata i teških metala čiji je ukupan sadržaj veći od MDK u istim uzorcima određen je za biljke pristupačan sadržaj u EDTA ekstraktu. Na osnovu dobijene pristupačne koncentracije Cu u prva dva uzorka može se zaključiti da se radi o antropogenom zagađenju zemljišta bakrom. Uzrok povećane koncentracije Cu može biti dugogodišnje tretiranje vinove loze bakar sulfatom u Vršačkom i Petrovaradinskom rejonu te njegovo dospevanje vazduhom i do ovih zaštićenih prirodnih dobara. U uzorku iz industrijske zone Novi Sad povećani ukupni sadržaj Cu je geohemijskog porekla.

Sadržaj cinka u svim uzorcima zemljišta pod različitim vidovima zaštite je daleko ispod maksimalno dozvoljenog sadržaja, te je zemljište nezagađeno ovim elementom.

Tab.2 Ukupni sadržaj mikroelemenata (u  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) u nepoljoprivrednom zemljištu (mg/kg)

Tab.2 Total trace element contents (in  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) in non-agricultural soils (mg/kg)

Lokalitet Location	Cu	Zn	Fe	Mn
F.Gora - TV toranj	15,43	69,07	23717	969,67
F.Gora - Beočinske livade	16,87	63,83	19960	1347,67
F.Gora - Čortanovačka šuma	23,20	66,40	27510	625,00
F.Gora - Dubočas-Vrdnik	12,53	55,63	20190	771,33
F.Gora - Crveni čot	38,30	67,40	38611	1025,67
F.Gora - Beli kamen	16,33	49,87	17997	446,00
F.Gora - Beočin LBFC	19,33	44,77	12163	327,87
Obedska bara - Krčevine	22,63	78,33	22590	412,67
Obedska bara - Kupinik	34,57	169,67	30211	938,67
Obedska bara - Čenjin-Revenica	21,67	77,53	20083	518,67
Carska bara - Tegelica	42,93	130,57	29327	576,00
Carska bara - Mali Sikilj	7,50	25,07	7697	149,30
Carska bara - Botoški rit	8,53	30,37	10770	154,53
Ludoš Čurgo	8,47	26,57	6677	187,27
Ludoš - Ptičarska koliba	5,13	13,67	4143	127,97
Deliblatska peščara - Lipar	6,57	29,40	10227	240,00
Deliblatska peščara - Šušarski pašnjaci	8,33	30,30	11067	279,77
Karađorđevo - Guvnište	13,30	44,80	16683	420,67
Zasavica - Donja Zasavica	23,23	69,53	25623	520,00
Zasavica Ravnje	26,07	81,00	21113	381,33
Gornje Podunavlje Bački Monoštar	15,20	51,90	19020	359,33
Gornje Podunavlje Srebrenica	29,33	118,10	20863	519,00
Velike droplje - Milina bara	27,50	72,90	21200	250,37
Selevenjska pustara - Degelica	8,93	20,77	5857	169,10
Slano Kopovo - između Kopova	14,03	39,27	14523	489,33
Slano Kopovo - Slano Kopovo	14,67	39,40	16067	534,00
Vršačke pl. - padine prema Mesiću	115,07	46,10	18423	629,67
Vršačke pl. - Vršačka kula	14,77	60,77	18877	482,00
Begečka jama - Tarnarica	25,77	71,97	13880	378,00
Palić - iza ZOO vrta	13,73	33,50	9283	308,40
Ponjavica - Ban.Brestovac	16,97	53,27	16337	282,10
Titelski breg - iznad Vodica	15,93	48,53	17457	371,67
Subotičko-Horg.peščara - Daščanska šuma	10,07	17,83	5693	285,40
Koviljsko-Petrovar.rit - Arkanj	15,37	61,80	11943	299,30
Kov.-Petrovar.rit - Petrovaradin	100,40	79,63	23043	418,00
Biserno ostrvo - Čurug	23,83	89,10	21223	483,00
Jegrička Žabalj	34,07	98,83	28850	503,33
MDK - MTC	100,00	300,00		

MDK - Maksimalno dozvoljena količina prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu Službeni Glasnik R.Srbije 23/1994

MTC Maximum Tolerable Concentration according to Rulebook on Allowed Amounts of Hazardous and Harmful Substances, Official Bulletin of the Republic of Serbia No. 23/1994

Tab.3 Ukupni sadržaj teških metala (u  $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ ) u nepoljoprivrednom zemljištu (mg/kg)

Tab.3 Total heavy metal contents (in  $\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ ) in non-agricultural soils (mg/kg)

Lokalitet Location	Co	Pb	Cd	Ni	Cr
F.Gora - TV toranj	12,00	28,77	0,77	42,17	22,53
F.Gora - Beočinske livade	12,07	28,00	0,97	39,33	28,13
F.Gora - Čortanovačka šuma	17,43	29,10	1,33	106,00	100,67
F.Gora - Dubočoš-Vrdnik	15,10	22,50	0,90	91,33	40,70
F.Gora - Crveni čot	21,27	18,57	0,90	123,33	67,40
F.Gora - Beli kamen	16,73	27,67	2,07	51,13	16,70
F.Gora - Beočin LBFC	17,93	25,73	2,27	74,00	35,63
Obedska bara Krčevine	14,20	27,03	1,40	58,50	59,27
Obedska bara Kupinik	21,00	81,70	2,27	126,00	87,67
Obedska bara - Čenjin-Revenica	16,30	29,27	0,80	89,00	43,70
Carska bara Tegelica	15,47	53,77	0,57	37,70	98,73
Carska bara - Mali Sikilj	7,83	14,97	0,67	14,13	6,50
Carska bara - Botoški rit	11,10	17,43	0,90	20,00	8,53
Ludoš Čurgo	9,90	21,87	1,27	13,23	6,03
Ludoš - Ptičarska koliba	6,37	8,73	0,17	6,27	2,07
Deliblatska peščara Lipar	9,53	14,67	0,50	22,13	8,80
Deliblatska peščara - Šušarski pašnjaci	6,87	12,07	0,30	19,07	15,10
Karađorđevo Guvnište	10,47	17,97	0,50	20,37	21,60
Zasavica - Donja Zasavica	18,03	28,10	1,07	79,00	100,67
Zasavica Ravnje	21,47	45,13	1,43	76,67	43,40
Gornje Podunavlje Bački Monoštar	10,43	25,17	0,07	24,10	27,70
Gornje Podunavlje Srebrenica	15,73	39,23	1,30	34,43	18,63
Velike droplje - Milina bara	11,33	21,57	0,40	29,47	29,17
Selevenjska pustara Degelica	9,13	21,30	1,13	13,77	4,20
Slano Kopovo - između Kopova	9,23	14,73	0,10	20,83	15,73
Slano Kopovo - Slano Kopovo	12,17	15,50	0,23	24,80	20,50
Vršačke pl. - padine prema Mesiću	13,33	21,80	0,27	23,70	20,93
Vršačke pl. - Vršačka kula	9,83	17,03	0,43	19,13	19,63
Begečka jama Tatarnica	11,93	22,97	0,60	25,30	13,17
Palić - iza ZOO vrta	12,73	20,17	1,27	17,23	6,20
Ponjavica - Ban.Brestovac	12,57	19,67	0,60	28,33	16,67
Titelski breg - iznad Vodica	13,80	22,60	0,80	29,93	16,10
Subotičko-Horg.peščara - Daščanska šuma	3,43	11,17	0,03	7,60	7,20
Koviljsko-Petrovaradinski rit - Arkanj	11,13	26,10	0,90	22,40	11,67
Koviljsko-Petrovaradinski rit - Petrovaradin	15,63	29,97	0,70	47,67	41,33
Biserno ostrvo Čurug	13,10	26,33	0,60	33,60	4,53
Jegrička Žabalj	16,40	28,10	0,57	46,37	41,73
MDK - MTC	/	100,00	3,00	50,00	100,00

MDK - Maksimalno dozvoljena količina prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu Službeni Glasnik R.Srbije 23/1994

MTC Maximum tolerable concentration according to Rulebook on Allowed Amounts of Hazardous and Harmful Substances, Official Bulletin of the Republic of Serbia No. 23/1994

Ukupan sadržaj Fe u nepoljoprivrednom zemljištu na svim ispitivanim lokalitetima je visok (tab.2) što je posledica pedogeneze zemljišta i geološke podloge na kojoj su zemljišta obrazovana.

Ukupan sadržaj Mn u uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta ne prelazi MDK prema zakonskoj regulativi za njegov sadržaj u zemljištu. Na lokalitetu Nacionalnog parka Fruška Gora u dva uzorka izmeren je povećan sadržaj u odnosu na druge lokalitete što se može objasniti matičnim supstratom na kome je zemljište obrazovano, reakcijom zemljišta (izrazito kiselo) i oksido-redukcionim uslovima koji su zapravo osnovni razlog njegovog povećanog sadržaja.

Prisustvo teških metala u zemljištu je posledica matičnog supstrata na kome je zemljište obrazovano. Njihovo prisustvo iznad MDK negativno utiče na kvalitet i prinos biljaka. Danas teških metala ima daleko više u zemljištu nego u matičnom supstratu na kome je zemljište obrazovano. Uzrok tome je sve veći broj industrijskih postrojenja za preradu metala. Sve je više topionica, termoelektrana iz čijih dimnjaka izlaze velike količine pojedinih metala u vidu gasova, gari, dima koji se šire u atmosferu, da bi padavinama dospeli na zemljište zagađujući životnu sredinu i uništavajući vegetaciju.

Merenje sadržaja ukupnog Co koji pripada i grupi mikroelemenata, ali i grupi teških metala pokazuje da nepoljoprivredna zemljišta pod različitim vidovima zaštite imaju ukupan sadržaj ovog elementa ispod MDK. (tab.3)

U zemljištu Pb se uglavnom nalazi u organo-mineralnom kompleksu, zatim vezan za sekundarne Fe i Mn okside, a u alkalnim zemljištima za karbonate, humus i silikate. Poznato je takođe da se Pb u značajnoj meri imobilizuje huminskim kiselinama. Sadržaj ukupnog Pb u uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta na svim ispitivanim lokalitetima pod različitim vidovima zaštite je daleko ispod MDK (tab.3). Zagađenje zemljišta olovom je najčešće antropogenog porekla - od izduvnih gasova automobila, a najčešća su zagađenja pored prometnih saobraćajnica. Kako ispitivani lokaliteti nisu u blizini prometnih puteva, rudnika i drugih zagađivača, zagađenje prirodnih zaštićenih dobara u ovom elementu nije ni očekivano.

Kadmijum u zemljištu je u manjim koncentracijama poreklom iz matičnog supstrata na kome je zemljište obrazovano, a u mnogo većim koncentracijama dospeva u zemljište antropogenim putem. Ukupna svetska jednogodišnja emisija Cd u atmosferu procenjuje se na 8.100 t od čega 800 t iz prirodnih izvora, a 7.300 t iz antropogenih izvora (Nriagu et al., 1988). Ukupno godišnje dospevanje Cd u zemljišta Evrope iz atmosfere se procenjuje na između 2,6 i 19 g/ha. Merenja sadržaja Cd u uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta na svim ispitivanim lokalitetima je ispod MDK, što je bilo za očekivati (tab.3).

Ukupan sadržaj Ni u zemljištu u značajnoj meri zavisi od matičnog supstarata. Srednja vrednost zastupljenosti Ni u litosferi je 75 mg/kg. Bazične stene gabra, bazalt, serpentin, zatim feromagnezijski silikati (pirokseni, olivin, biotit) sadrže više Ni u odnosu na kisele magmatske stene. U feromagnezijskim silikatima Ni supstituiše Fe i Mg jer ima sličan radijus. Prema dosadašnjim

istraživanjima, u zemljištima Vojvodine koncentracija ukupnog Ni varira od 1,8 do 62,7 mg/kg i može se konstatovati da je relativno visok. Pored prirodnog-geohemijskog porekla, manje količine Ni u zemljište se unose primenom fosfornih đubriiva. Veće količine Ni se izdvajaju sagorevanjem tečnih goriva, uglja, spaljivanjem otpada, šumski požari, zatim iz topionica metala, pepeo dimnjaka elektrana toplana i drugi izvori. Produkti sagorevanja, kao atmosferskih depoziti, su dosta čest uzrok povećanja Ni i Cr u zemljištu.

Ispitivanje sadržaja nikla (tab.3 i 4) pokazuje da je na lokalitetima Nacionalni park Fruška gora - 3 uzorka; Fruška gora van Nacionalnog parka - 2 uzorka; Obedska bara - 2 uzorka i bara Zasavica 2 uzorka izmereni sadržaj Ni veći od MDK koji iznosi 50 mg Ni / kg zemljišta. Da bismo utvrdili izvor porekla povećanog sadržaja Ni na nepoljoprivrednom zemljištu pomenutih lokaliteta odredili smo pristupačan sadržaj Ni u EDTA ekstraktu (tab.4). Određivanja pristupačnog sadržaja Ni pokazuju da njegov sadržaj u zemljištu nije antropogenog porekla, odnosno povišen sadržaj Ni nije rezultat antropogenog zagađenja. Poreklo je geohemijsko, jer je sadržaj pristupačnog Ni nizak i na nivou je drugih uzoraka čiji sadržaj ukupnog Ni ne prelazi MDK.

*Tab.4 Uzorci nepoljoprivrednog zemljišta sa većim ukupnim sadržajem mikroelemenata i teških metala od MDK i njihov pristupačan oblik (ekstrakt u EDTA) (mg/kg)*

*Tab.4 Samples of nonagricultural soil with above-MTC total levels of trace elements and heavy metals and their available forms (extract in EDTA) (mg/kg)*

Lokalitet Location	Cu		Ni		Cr	
	Ukupan Total	Pristupačan Available	Ukupan Total	Pristup. Available	Ukupan Total	Pristup. Available
F.Gora - Čortanovačka šuma	-	-	106,00	7,34	100,67	nd
F.Gora - Dubočoš-Vrdnik	-	-	91,33	7,89	-	-
F.Gora - Crveni čot	-	-	123,33	11,29	67,40	nd
F.Gora - Beli kamen	-	-	51,13	1,93	-	-
F.Gora - Beočin LBFC	-	-	74,00	3,31	-	-
Obedska bara - Krčevine	-	-	58,50	4,55	-	-
Obedska bara - Kupinik	-	-	126,00	2,93	87,67	nd
Obedska bara - Čenjin-Revenica	-	-	89,00	4,62	-	-
Carska bara - Tegelica	-	-	-	-	98,73	nd
Zasavica - Donja Zasavica	-	-	79,00	3,65	100,67	nd
Zasavica - Ravnje	-	-	76,67	6,14	-	-
Vršacke pl. - prema Mesiću	115,07	78,36	-	-	-	-
Kov.-Petr. rit - Petrovaradin	100,40	40,90	47,67	1,86		
MDK - MTC	100,00	-	50,00	-	100,00	-

nd nije detektovano / nd - no detection



Tab. 5 Sadržaj PAH-ova u nepoljoprivrednom zemljištu Vojvodine (mg/kg apsolutno suvog zemljišta)

Tab. 5 PAH content of the nonagricultural soils in Vojvodina (mg/kg absolutely dry soil)

Lokalitet Lokacija	Zbir - Total	Naphthalene	Acenaphthene	Acenaphthylene	Phenanthrene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo(a)anthracene	Chrysene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(a)pyrene	Dibenzo(a,h)anthracene	Benzo(g,h,i)perilen
F.Gora - TV toranj	0.15	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.02
F.Gora - Beočinska livada	0.09	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.
F.Gora - Čortanovačka šuma	0.19	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.04	0.05
F.Gora - Dubočas-Vrdnik	0.13	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.02
F.Gora - Crveni čot	0.10	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.03
F.Gora - Beli kamen	0.29	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	n.d.	n.d.	0.09	0.08
F.Gora - Beočin LBFC	0.48	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.15	n.d.	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	0.18	0.01
Obedska bara - Krčevine	0.71	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.20	0.12	0.10	0.00	0.23	n.d.	n.d.	0.07	n.d.
Obedska bara - Kupinik	3.57	0.05	n.d.	n.d.	0.12	0.47	0.37	0.30	0.34	1.24	n.d.	n.d.	0.53	0.16
Obedska b.-Čenjin-Revenica	0.98	0.04	n.d.	n.d.	0.06	0.08	0.04	n.d.	n.d.	0.27	n.d.	n.d.	0.49	n.d.
Carska bara - Tegelica	0.39	0.06	n.d.	n.d.	0.07	0.16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.08	0.02
Carska bara - Mali Sikilj	0.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.05	n.d.
Carska bara - Botoški rit	0.32	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.16	0.05
Ludoš - Čurgo	0.21	0.05	n.d.	n.d.	0.05	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.02
Ludoš - Ptičarska koliba	0.24	0.02	0.03	n.d.	0.04	0.07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.02
Deliblatska peščara - Lipar	0.63	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.11	n.d.	0.13	n.d.	0.23	n.d.	0.05	0.06
Del.pešč.-Šušarski pašnj.	0.13	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.01
Karadordevo - Guvnište	0.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.
Zasavica - Donja Zasavica	0.17	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	0.03
Zasavica - Ravnje	0.68	0.10	n.d.	n.d.	0.14	0.10	n.d.	n.d.	0.13	n.d.	n.d.	n.d.	0.21	n.d.
G.Podunavlje-Bač. Monoštar	0.19	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	0.11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.05	n.d.
Gor.Podunavlje - Srebrenica	0.32	0.05	n.d.	n.d.	n.d.	0.12	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.09	0.03
Velike droplje - Milina bara	0.31	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.18	0.07
Selevenjska pustara Degelica	0.23	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.03
Sl. Kopovo između Kopova	0.12	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.
Slano Kopovo - Slano Kopovo	0.18	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	0.04
Vršačke pl. - prema Mesiću	3.32	0.11	0.05	n.d.	0.46	0.72	0.40	0.23	0.36	0.52	n.d.	0.25	0.16	0.04
Vršačke pl. - Vršačka kula	0.52	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.09	n.d.	0.20	0.01
Begečka jama - Tatarnica	0.27	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	0.02
Palić - iza ZOO vrta	0.35	0.04	n.d.	0.06	n.d.	0.14	0.04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	0.02
Ponjavica - Ban.Brestovac	0.43	0.04	0.03	n.d.	0.03	0.13	0.08	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.06	n.d.
Titelski breg - iznad Vodica	0.75	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	0.54	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.04
Sub-Horg.pešč.-Daščan. šuma	0.15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.02
Koviljsko-Petrov. rit - Arkanj	0.38	0.03	n.d.	n.d.	0.03	0.14	0.09	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.02
Kov.-Petrov. rit - Petrovaradin	0.18	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.01
Biserno ostrvo - Čurug	0.90	0.04	0.09	n.d.	0.19	0.20	n.d.	0.10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.27	n.d.
Jegrička - Žabalj	0.22	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	0.05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.12	0.02
Prosek - Average	0.83	0.04	0.05	0.06	0.12	0.11	0.17	0.16	0.17	0.46	0.16	0.11	0.11	0.03
Min	0.09	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.06	0.06	0.06	0.09	0.03	0.03	0.01
Max	3.57	0.11	0.09	0.06	0.46	0.72	0.54	0.30	0.36	1.24	0.23	0.25	0.53	0.16

Određivanjem sadržaja hroma (tab.3 i 4) zapažen je njegov veći sadržaj od MDK u dva uzorka na lokalitetu Nacionalni park Fruška Gora lokacija Brankovac i lokalitet specijalni rezervat prirode bara "Zasavica". Ispitivanjem pristupačnog Cr u EDTA ekstraktu (tab.4) radi utvrđivanja izvora porekla, isti nije detektovan primenjenom metodom - atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom, što znači da je geološkog porekla. Samim tim ne postoji mogućnost da ga biljke usvoje na datim lokacijama i da toksično deluje na vegetaciju.

Rezultati istraživanja sadržaja teških metala u nepoljoprivrednom zemljištu sa 36 lokacija pod različitim vidovima zaštite u Vojvodini pokazuju da je njihovo poreklo prvenstveno geohemijsko, odnosno da zaštićena prirodna dobra Vojvodine nisu zagađena teškim metalima.

PAH-ovi su prisutni u zemljištu kako urbanih tako i ruralnih i šumskih krajeva. Količine PAH-ova koje se mogu naći u zemljištu u industrijalizovanim krajevima su 10-100 puta više nego one u zaostalim regionima. U šumskom zemljištu nađen je prosečni sadržaj od 0,05 mg/kg, u poljoprivrednom 0,07 mg/kg, u urbanom zemljištu 1,1 mg/kg, dok je sadržaj PAH-ova u prašini pored puteva 137 mg/kg (Ayaka, 1999).

Rezultati ispitivanja zemljišta pod različitim vidovima zaštite prikazani su u tab.5. Na ispitivanim lokalitetima nije detektovano prisustvo flourena i antracena, dok su ostala ispitivana jedinjenja pojedinačno prisutna u količinama od 0,01 do 1,24 mg/kg apsolutno suvog zemljišta.

Prosečan ukupan sadržaj PAH-ova u 37 ispitana uzorka nepoljoprivrednog zemljišta pod različitim vidovima zaštite je 0,83 mg/kg i kreće se u intervalu od 0,09-3,57 mg/kg. Po pravilniku o metodama organske proizvodnje (Sl. List SRJ 51/02) maksimalno dozvoljeni sadržaj PAH-ova u zemljištu je 1 mg/kg. Maksimalno dozvoljeni ukupan sadržaj prelazi 5,4 % uzoraka zemljišta, dok 94,6 % uzoraka zemljišta uzetih sa nepoljoprivrednih površina nije zagađeno polici-kličnim ugljovodonicima u količini koja bi prelazila maksimalno dozvoljenu.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja uzoraka nepoljoprivrednog zemljišta uzetog na lokalitetima pod različitim vidovima zaštite i zemljišta koje se planira da bude zaštićeno prirodno dobro u pogledu njegovog kvaliteta mogu se doneti sledeći zaključci:

Pri oceni sadržaja mikroelemenata i teških metala u zemljištu mora se voditi računa o pedogenetskim procesima nastanka i razvitka zemljišta te se jedino detaljnom analizom njihovih oblika u zemljištu može doneti pravi zaključak o postojanju zagađenju. U nepoljoprivrednom zemljištu samo u dva uzorka od ukupno ispitivanih 37 uzoraka (Regionalni park- "Vršačke planine" i Koviljsko-Petrovaradinski rit) utvrđen je veći sadržaj ukupnog Cu od MDK. Određivanjem pristupačnog Cu utvrđeno je da je zagađenje zemljišta u Cu na ovom lokalitetu antropogenog porekla. Prisustvo teških metala u zemljištu je posledica matičnog

supstrata na kome je zemljište obrazovano i antropogenog zagađenja. Na ispitivanom nepoljoprivrednom zemljištu od teških metala veći sadržaj utvrđen je za Ni u 9 uzoraka na 4 lokaliteta i za Cr u dva uzorka na dva lokaliteta. Ispitivanje lakopristupačnog sadržaja Ni i Cr u tim uzorcima pokazuje da povišen sadržaj nije rezultat antropogenog zagađenja nego je on geohemijskog porekla, odnosno posledica matičnog supstrata od koga je formirano zemljište.

Prosečan ukupan sadržaj PAH-ova uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta je 0,83 mg/kg, a interval je 0,09-3,57 mg/kg. Po pravilniku koji se odnosi na organsku poljoprivrednu proizvodnju (Sl. list SRJ 51/02) maksimalno dozvoljeni sadržaj PAH-ova u zemljištu je 1 mg/kg. Maksimalno dozvoljeni ukupan sadržaj prelazi 5,4 % uzoraka zemljišta, dok 94,6 % uzoraka zemljišta uzetih sa nepoljoprivrednih površina nije zagađeno policikličnim ugljovodonicima u količini koja bi prelazila maksimalno dozvoljenu.

Izvedena istraživanja dala su početne rezultate koji mogu biti osnova za dalji monitoring kvaliteta nepoljoprivrednog zemljišta u Vojvodini. Praćenje ispitivanih parametara je neophodno, kako zbog prirode pojedinih polutanata (razgradljivost, ispiranje) tako i zbog mogućih novih zagađenja.

#### LITERATURA

- Alloway B. J. (1995): Heavy metals in soils. Second edition. Blackie Academic & Professional. Glasgow.
- Ayaka I. (1999): <http://qlink.queensu.ca/~4mq1/PAH.html>, Queen s University, Kingston, ON, Canada.
- Harvey R. G.(1997): Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Wiley-VCH, New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
- Holoubek, I., Č slavsk J., Ko nek P., Kohoutek, J., Štaffov ,K., Hrdlička, A., Pokorn , B., Vančura, R., Helešić, J. (1996): Project TOCOEN. Fate of selected organic pollutants in the environment. Part XXVII. Main sources, emission factors and input of PAHs in Czech Republic Polycyclic Aromatic Compounds 9, pp. 151-157
- Nriagu, J. O., Pacyna, J. M.,(1988). Nature 333, 134-139
- Sekulić, P., Hadžić, V., Ćirović, M. (1996): Dangerous and harmful substances in holomorphic soils of the Vojvodina Province. Zemljište i biljka, Vol.45, No.1, 1-11.
- Hadžić, V. i sar. (1996): Osnova zaštite, korišćenja i uređenja poljoprivrednog zemljišta opštine Bački Petrovac (Pilot). Republički fond za zaštitu. korišćenje, unapređivanje i uređenje poljoprivrednog zemljišta Srbije. str.323, Beograd

**POLLUTION LEVELS IN NONAGRICULTURAL SOILS  
OF VOJVODINA PROVINCE**

**Vasić, J.<sup>1</sup>, Sekulić, P.<sup>1</sup>, Hadžić, V.<sup>2</sup>, Bogdanović, Darinka<sup>2</sup>,  
Pucarević, Mira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, Novi Sad

**SUMMARY**

Studied in this paper were nonagricultural soils under different forms of environmental protection (Fruška Gora National Park, special nature reserves, nature parks) as well as soils intended for future designation as government-protected natural property (the Titel Hill, Subotica-Horgoš Sands, Kovilj-Petrovaradin Marsh, Biserno Island and Jegrička).

Levels exceeding the maximum tolerable concentration (MTC) were found in two Cu, nine Ni and two Cr samples in total 37 samples. The readily available Ni and Cr contents of those samples indicated that the increased levels were not a result of anthropogenic pollution.

The total PAH content ranged between 0.09 and 3.57 mg/kg and 94% of the samples were found not to have PAH levels above the MTC.

**KEY WORDS:** trace elements, nonagricultural soils, polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals, government-protected natural property, pollution.